ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 AVRIL 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret, en date du 16 avril 1921, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Émile Borel** pour occuper, dans la Section de Géométrie, la place vacante par le décès de M. *Georges Humbert*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Émile Borel** prend place parmi ses confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **A. Michelson**, Associé étranger, qui assiste à la séance.

CAPILLARITÉ. — *Aplatissement suivant l'axe polaire, par la tension superficielle, d'une goutte liquide, de révolution et sans pesanteur, possédant une vitesse angulaire donnée* ω *de rotation autour de cet axe.* Note de M. **J. Boussinesq**.

I. Parmi les analogies physiques auxquelles pensèrent les théologiens du XIIIe siècle pour s'expliquer la sphéricité de la Terre, il y a celle des gouttes de pluie ou de rosée que l'on voit pendre aux feuilles des arbres, gouttes si bien arrondies surtout après s'être détachées pour tomber en chute libre. Ces théologiens sembleraient donc avoir admis, au moins implicitement, la fluidité primitive de notre Globe, comme le firent d'une manière explicite,

cinq cents ans plus tard, Newton et ses disciples, en recourant à la pesanteur. Or il peut y avoir un certain intérêt théorique à poursuivre la même analogie des gouttes d'eau, mais d'une manière plus précise que ne l'a fait Plateau, jusque dans la question de l'aplatissement polaire du méridien terrestre, en attribuant à la goutte une rotation initiale et, d'ailleurs, une figure devenue permanente.

II. Adoptons, dans un plan méridien de la goutte, un demi-axe équatorial, a, comme axe d'abscisses x, et un demi-axe polaire, b, comme axe d'ordonnées y. De plus, pour fixer les idées et simplifier, supposons non volatile et isolée dans l'espace, ou même soustraite à toute action extérieure, notre goutte liquide, dont nous ferons enfin la densité égale à 1. A la face interne de la couche superficielle (de révolution), la pression p, due entièrement à la tension constante f de celle-ci, sera, comme on sait, le produit de $2f$ par la *courbure moyenne* de cette couche, courbure ayant, parmi ses expressions connues, celle-ci,

$$\frac{1}{2x}\frac{d}{dx}\left(\frac{xy'}{\sqrt{1+y'^2}}\right), \tag{1}$$

en tous les points (x, y) du demi-méridien situé du côté des x positifs.

Comme l'inertie (*force centrifuge*) sera, par unité de volume, $\omega^2 x$, suivant les x positifs, les équations d'Euler exigeront une pression p constante le long de toute parallèle à l'axe des y, et croissante avec x, aux divers points tant intérieurs que superficiels du demi-plan méridien en question, comme la fonction primitive de $\omega^2 x$. En appelant τ le rayon de courbure du méridien, et, en particulier, τ_0 ce qu'il devient au pôle $(x = 0, y = b)$ de la couche superficielle, *ombilic* où l'inverse de τ_0 exprime justement la courbure moyenne (1), $\frac{2f}{\tau_0}$ sera la pression intérieure au pôle ; et elle s'accroîtra de $\frac{\omega^2}{2}x^2$ partout ailleurs. Tout le long du demi-méridien à ordonnée y, où p se réduit au produit de $2f$ par (1), il viendra donc après division par f, *comme équation différentielle seconde du méridien*,

$$\frac{2}{\tau_0} + \frac{\omega^2}{2f}x^2 = \frac{1}{x}\frac{d}{dx}\left(x\frac{y'}{\sqrt{1+y'^2}}\right). \tag{2}$$

Multipliée par $x\,dx$ et intégrée, celle-ci donne, si C désigne la constante arbitraire introduite,

$$x\frac{y'}{\sqrt{1+y'^2}} = \frac{x^2}{\tau_0} + \frac{\omega^2}{8f}x^4 + C. \tag{3}$$

M. Globa-Mikhaïlenco, qui est, ce semble, le premier géomètre ayant abordé ces sortes de questions, a donné, dans sa Thèse de doctorat d'Université ès sciences mathématiques, cette équation (3), et a montré, en la résolvant par rapport à y', puis intégrant une fois de plus, que le méridien est une courbe dont l'ordonnée égale une certaine intégrale hyperelliptique de l'abscisse x, où figure sous le signe $\int$, en dénominateur, un radical carré portant sur un polynome pair du huitième degré. C'est que M. Globa considère une goutte adhérant à un solide tournant qui l'entraîne, cas où la couche superficielle n'a pas de point sur l'axe $x = 0$.

Mais, ici, il y a deux pôles où s'annule, avec x, le premier membre de (3); et le second membre y donne $C = 0$. Alors, en supprimant partout un facteur x et élevant au carré, il vient

$$\frac{y'^2}{1+y'^2} = \frac{x^2}{\tau_0^2}\left(1+\frac{\omega^2\tau_0}{8f}x^2\right)^2.$$

Isolons y'^2, puis extrayons la racine carrée *négative* des deux membres, pour nous borner au *premier* quart du méridien (compris dans l'angle des coordonnées positives) où y', nul au pôle, décroît jusqu'à $-\infty$, en allant vers l'équateur où $x = a$, tandis que y a diminué de b à zéro. En posant finalement, pour abréger,

$$(4) \qquad u = \frac{x^2}{\tau_0^2} \left(\text{ou } x = \tau_0\sqrt{u}\right) \quad \text{et} \quad \omega\sqrt{\frac{\tau_0^3}{8f}} = k,$$

nous aurons l'équation cherchée du méridien ;

$$(5) \qquad y = b - \frac{\tau_0}{2}\int_0^{\frac{x^2}{\tau_0^2}} \frac{(1+k^2u)\,du}{\sqrt{1-u(1+k^2u)^2}}.$$

L'ordonnée y s'y exprime par une intégrale elliptique du carré x^2 de l'abscisse.

III. Les deux rayons, équatorial a et polaire b, se détermineront en écrivant que, pour $x = a$, la tangente est parallèle à l'axe des y, ou que la quantité placée sous le radical du dénominateur s'annule. On a donc tout à la fois, grâce, finalement, à l'extraction d'une racine carrée positive,

$$(6) \qquad \alpha(1+k^2\alpha^2) = 1 \left(\text{où } \alpha = \frac{a}{\tau_0}\right), \qquad b = \frac{\tau_0}{2}\int_0^{\alpha^2} \frac{(1+k^2u)\,du}{\sqrt{1-u(1+k^2u)^2}}.$$

On commencera, τ_0 et k étant censés connus, par évaluer la racine positive α de la première (6); puis la dernière (6) fera connaître b.

Il nous suffira ci-après, où k^2 sera supposé très petit relativement à l'unité, et, par suite, α peu inférieur à 1, de faire dans la première (6) $\alpha = 1 - \varepsilon$ (d'où $\alpha^3 = 1 - 3\varepsilon$), puis de négliger εk^2 devant k^2, pour trouver

$$(7) \qquad \varepsilon = k^2 \quad \text{ou} \quad \alpha = 1 - k^2.$$

D'autre part, pour étudier de plus près la courbe (5), nous remplacerons, au second membre de (5), b par sa valeur (6), qui donnera comme relation entre y et x la formule

$$(8) \qquad y = \frac{\iota_0}{2} \int_{\frac{x^2}{\iota_0^2}}^{\alpha^2} \frac{(1 + k^2 u)\, du}{\sqrt{1 - u(1 + k^2 u)^2}}.$$

IV. Mais, supposant k^2 assez petit, essayons de développer les seconds membres de la dernière (6) et de (8) suivant ses puissances successives. A cet effet, posons, dans (8), $u = v^2$ afin d'avoir, aux deux limites, inférieure et supérieure, x et α au lieu de leurs carrés. Il viendra $du = 2v\,dv$ et la relation (8) prendra la forme

$$(9) \qquad y = \iota_0 \int_{\frac{x}{\iota_0}}^{\alpha} \frac{v(1 + k^2 v^2)\, dv}{\sqrt{1 - v - k^2 v^3}\sqrt{1 + v + k^2 v^3}}.$$

Le trinome placé sous le premier radical se dédoublera lui-même en deux facteurs, si l'on y remplace le terme constant 1, d'après la première (6), par $\alpha + k^2\alpha^3$; car ce trinome devient alors

$$(\alpha - v)[1 + k^2(\alpha^2 + \alpha v + v^2)],$$

et la relation (9) pourra s'écrire

$$(10) \qquad y = \iota_0 \int_{\frac{x}{\iota_0}}^{\alpha} \frac{v\, dv}{\sqrt{(\alpha - v)(1 + v)}}$$

$$\times [1 + k^2 v^2][1 + k^2(\alpha^2 + \alpha v + v^2)]^{-\frac{1}{2}}\left[1 + k^2 \frac{v^3}{1 + v}\right]^{-\frac{1}{2}}.$$

Or, sous le signe $\int$, les puissances des expressions entre crochets, à premier terme 1, sont développables, par la formule du binome de Newton, en séries convergentes procédant suivant k^2, k^4, ...; après quoi leur produit l'est de même. On n'aura donc plus à intégrer que des différentielles algébriques ne contenant aucune autre irrationnelle que le radical

$$\sqrt{(\alpha - v)(1 + v)}.$$

Et en donnant, par exemple, à ce radical la forme $(\alpha - v)t$, il ne restera à intégrer que des différentielles rationnelles en t.

Bornons-nous au cas où sont négligeables les termes en k^4, k^6, ..., et où, par suite, dans les termes en k^2, α se trouve réductible à sa première valeur approchée 1. Il vient alors, par des simplifications immédiates donnant, sous le signe $\int$, le trinome $1 - \frac{k^2}{2} - \frac{k^2}{2}\frac{v}{1+v}$ comme produit des facteurs où figure k^2, et si l'on se contente d'abord de faire $x = 0$ à la limite inférieure,

$$(11) \qquad b = 2\mathfrak{r}_0\left(1 - \frac{k^2}{2}\right)\int_{\sqrt{\frac{1}{\alpha}}}^{\infty} \frac{(\alpha t^2 - 1)\,dt}{(t^2+1)^2} - \mathfrak{r}_0 k^2 \int_1^{\infty} \frac{(t-1)^2\,dt}{t(t^2+1)^2}.$$

Ici, le premier terme du second membre donne, toutes réductions faites,

$$\mathfrak{r}_0\left(1 - \frac{k^2}{2}\right)\left[\sqrt{\alpha} - (1-\alpha)\,\text{arc tang}\sqrt{\alpha}\right] = \mathfrak{r}_0(1 - 2k^2),$$

la dernière expression résultant de la substitution de $1 - k^2$ à α. Quant à la seconde intégrale définie, elle a pour valeur $\frac{1}{2}(1 + \log 2) - \frac{\pi}{4}$, où $\log 2$ est népérien et égale 0,69315. Il vient ainsi l'expression approchée du demi-axe polaire b du méridien :

$$(12) \qquad b = \mathfrak{r}_0(1 - 2{,}06117k^2); \qquad \text{d'où aplatissement } \frac{a-b}{a} = 1{,}06117k^2.$$

V. Enfin l'expression (4) de k dépend de la vitesse angulaire ω et du rayon $\mathfrak{r}_0$ de courbure au pôle ou, ce qui revient au même, de la pression intérieure p_0 sous le pôle. Or, ici où la pression est supposée nulle au dehors, ses variations dans l'intérieur se régleront d'après le volume plus ou moins grand, d'ailleurs invariable, de la goutte.

Nous nous donnerons ce volume par le rayon R qu'elle a *quand sa forme est sphérique*.

Évaluons-le en fonction de ω et de $\mathfrak{r}_0$. L'élément naturel en est (pour le demi-volume) la couche circulaire $\pi x^2\,dy$, de base πx^2 perpendiculaire à l'axe des y, et de hauteur dy, intervalle de deux couches élémentaires consécutives, depuis l'équateur $y = 0$ jusqu'au pôle $y = b$. Or, l'intégrale définie (8), différentiée par rapport à sa limite inférieure, en continuant à y appeler, pour abréger, $\mathfrak{r}_0^2 u$ le carré de x, donne, d'une part, $x^2 = \mathfrak{r}_0^2 u$ et, d'autre part, dy, que l'on prendra, comme du, en valeur absolue. Le demi-

volume étant $\frac{2}{3}\pi R^3$, une multiplication par $\frac{3}{2\pi r_0^3}$ donnera finalement

$$(13)\qquad \left(\frac{R}{r_0}\right)^3 = \frac{3}{4}\int_0^{\alpha^2} \frac{u(1+k^2u)\,du}{\sqrt{1-u(1+k^2u)^2}}.$$

Les réductions ordinaires des *différentielles polynomes* ramènent cette dernière intégrale à celle dont nous avons fait le calcul approché au n° IV précédent. Elles conduisent, en effet, à la formule de réduction, que vérifient des différentiations immédiates :

$$(14)\qquad \int \frac{u(1+k^2u)\,du}{\sqrt{1-u(1+k^2u)^2}} = -\frac{2}{3k^2}\sqrt{1-u(1+k^2u)^2} - \frac{1}{3k^2}\int \frac{(1+k^2u)\,du}{\sqrt{1-u(1+k^2u)^2}}.$$

En évaluant par celle-ci le second membre de l'équation (13), puis tenant compte de la dernière (6), il vient exactement, entre les trois rayons R, r_0, b, la relation simple

$$(15)\qquad \left(\frac{R}{r_0}\right)^3 = \frac{1}{2k^2}\left(1-\frac{b}{r_0}\right),$$

que la valeur approchée (12) de b transforme en celle-ci :

$$(16)\qquad \left(\frac{R}{r_0}\right)^3 = 1,0306 \qquad \text{ou} \qquad r_0 = 0,99R.$$

Ainsi, le rayon polaire r_0 de courbure du méridien se trouve inférieur, d'un centième environ, au rayon R de la goutte censée sphérique. La raison en est dans un certain élargissement des zones circumpolaires ou, du moins, assez notablement distantes de l'équateur; car, même le renflement équatorial est, ici, très réduit, le rayon a de l'équateur, exprimé par $r_0(1-k^2)$, n'atteignant pas r_0, ni, à plus forte raison, R.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Application de la méthode biochimique de recherche du glucose à l'étude des produits de l'hydrolyse fermentaire de l'inuline.* Note de MM. **Em. Bourquelot** et **M. Bridel** [1].

Bien que l'inuline soit un hydrate de carbone très répandu dans la nature et d'une préparation relativement facile, on n'est pas encore d'accord, à

[1] Ce travail a été commencé en commun dans le courant de 1920. La mort de mon regretté maître est survenue avant son complet achèvement, les derniers résultats n'ayant été obtenus qu'en février 1921. J'ai cru néanmoins pouvoir le publier sous nos deux noms puisque telle avait été la pensée de M. Bourquelot. — M. B.

l'heure actuelle, sur sa composition exacte, les uns prétendant qu'elle ne fournit, à l'hydrolyse, que du fructose *d*, les autres qu'elle donne, en même temps, une certaine quantité de glucose *d*, quantité différant d'ailleurs avec les auteurs.

En relisant les Mémoires publiés sur ce sujet, ce qui frappe, c'est que les auteurs qui pensent que l'inuline renferme du glucose ont hydrolysé cet hydrate de carbone au moyen des acides, tandis que ceux qui n'ont trouvé que du fructose *d* comme produit d'hydrolyse ont eu recours à une hydrolyse fermentaire ou ont pris soin de bloquer les oxhydryles libres en les méthylant, avant d'hydrolyser, afin d'empêcher les transformations secondaires.

Il nous a semblé que le procédé biochimique de caractérisation du glucose, que nous avons exposé en 1920 [1], pourrait peut-être élucider la question.

Nous avons montré, entre autres, que dans une solution dans l'alcool méthylique à 70 pour 100 en poids, renfermant, pour 100^{cm^3}, 1^g de glucose et 1^g de fructose, l'émulsine formait du méthylglucoside β dans les mêmes proportions que si le glucose était seul. Nous avons pensé qu'en faisant agir l'émulsine sur une solution méthylique des produits d'hydrolyse de l'inuline, on obtiendrait la formation de méthylglucoside β, si le glucose existait dans ces produits, la formation du glucoside se reconnaissant à une diminution du pouvoir réducteur du liquide.

Dans un essai témoin, nous avons fait agir l'émulsine sur une solution dans l'alcool méthylique à 70 pour 100 renfermant, pour 100^{cm^3}, 1^g de glucose et 12^g de fructose légèrement hydraté. Ce liquide renfermait $12^g,686$ de sucre réducteur, exprimé en glucose, pour 100^{cm^3}. Quand la réaction de l'émulsine a été arrêtée, il n'en renfermait plus que $11^g,680$, soit une diminution de $0^g,826$. Bourquelot et Verdon ont trouvé que dans l'alcool méthylique à 70 pour 100 l'émulsine combine, sur 1^g de glucose, $0^g,826$, ce qui est précisément le chiffre que l'on a trouvé.

Le méthylglucoside β formé a été isolé et caractérisé par son pouvoir rotatoire qui a été trouvé de $\alpha_D = -32°,28$ ($p = 0,2375$, $v = 10$, $l = 2$, $\alpha = -1°32'$). Le pouvoir rotatoire du méthylglucoside β étant de $\alpha_D = -32°,5$.

Cette expérience montrait que l'on pouvait caractériser sûrement du glucose à côté de 12 parties de fructose. On a appliqué le même procédé aux produits de l'hydrolyse fermentaire de l'inuline.

---

(1) Em. Bourquelot et M. Bridel, *Recherche et caractérisation du glucose dans les végétaux par un procédé biochimique nouveau* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 631).

On a hydrolysé de l'inuline d'*Atractylis* existant au laboratoire et dont une partie avait servi à Bourquelot pour son essai de 1893. D'après Tanret, cette inuline est d'ailleurs identique à celle de dahlia, d'aunée et de topinambour.

On a opéré de la façon suivante :

Expérience I. — On a dissous 15g d'inuline d'*Atractylis*, à 11 pour 100 d'eau, dans quantité suffisante d'eau distillée pour faire 300^{cm^3}. A cette solution, on a ajouté 300^{cm^3} de liquide d'*Aspergillus niger* obtenu en suivant les indications de Bourquelot [1].

On a laissé la réaction se faire, à la température ordinaire, du 2 août au 21 octobre 1920. On a filtré le 21 octobre. Le liquide accusait une rotation de $-4°8'$ ($l = 2$) et renfermait $13^g,401$ de sucre réducteur pour les 600^{cm^3}. On a déterminé la matière sèche sur 5^{cm^3}, à $+110°$. On a obtenu un résidu fixe pesant $0^g,1150$. Si l'on calcule le pouvoir rotatoire de ce résidu fixe, on trouve :

$$\alpha_D = -89°,85 (p = 0,1150,\ v = 5,\ l = 2,\ \alpha = -4°8'),$$

c'est-à-dire sensiblement le pouvoir rotatoire du fructose *d*, dans les conditions de l'expérience. Ces chiffres confirment pleinement ceux que Bourquelot avait donnés en 1893 [2].

Le liquide filtré a été évaporé à sec, sous pression réduite. On a repris le résidu par 250^{cm^3} d'alcool à 95° bouillant. On a laissé refroidir l'alcool dans le ballon et l'on a décanté le lendemain. On a repris le résidu de la même façon par 50^{cm^3} d'alcool à 95°. On a réuni les deux liquides alcooliques et on les a évaporés à sec sous pression réduite. On a dissous le résidu dans quantité suffisante d'alcool méthylique à 70 pour 100 pour faire 100^{cm^3}. La solution ainsi obtenue renfermait $11^g,425$ de sucre réducteur exprimé en glucose. On a ajouté 1^g d'émulsine et l'on a laissé la réaction se faire, à la température ordinaire, du 26 octobre 1920 au 8 janvier 1921. On a dosé de nouveau le sucre réducteur et l'on a retrouvé la même quantité de $11^g,425$ pour 100^{cm^3}.

Il ne s'était donc fait aucune réaction synthétisante, ce qui pouvait tenir à ce que le liquide, ne renfermait pas de glucose ou à ce que l'action de l'émulsine n'avait pu s'opérer dans un tel milieu. Pour élucider ce point important, on a dissous, dans le liquide, une quantité de glucose correspondant à $0^g,999$ pour 100^{cm^3}. On a ajouté 1^g d'émulsine et l'on a laissé la réaction se faire, à la température ordinaire, du 11 janvier au 25 février 1921. Le liquide qui renfermait, pour 100^{cm^3}, avant l'action de l'émulsine, $12^g,424$ de sucre réducteur exprimé en glucose, n'en renfermait plus alors

---

(1) Ém. Bourquelot, *Sur un ferment soluble nouveau dédoublant le tréhalose en glucose* (*Journ. Pharm. Chim.*, 5e série, t. 27, 1893, p. 498).

(2) Ém. Bourquelot, *Inulase et fermentation alcoolique indirecte de l'inuline* (*Journ. Pharm. Chim.*, 5e série, t. 28, 1893, p. 5).

que $11^g,597$, soit une diminution de $0^g,827$ de glucose. La synthèse portant sur 82,6 pour 100 du glucose, on aurait dû constater une diminution de $0^g,825$. Le méthylglucoside β formé a été isolé à l'état cristallisé.

Il ne peut donc y avoir de doute à cet égard, rien n'empêchait l'action de l'émulsine dans le liquide de l'expérience.

On a fait deux autres expériences semblables, l'une avec la même inuline d'*Atractylis*, l'autre avec de l'inuline de dahlia. Les résultats ont été en tous points comparables à ceux qu'on vient de donner.

En résumé, quand on fait l'hydrolyse de l'inuline au moyen de l'inulase de l'*Aspergillus niger*, on obtient des produits réducteurs qui possèdent sensiblement le pouvoir rotatoire du fructose *d*, et qui ne se combinent pas avec l'alcool méthylique sous l'influence de l'émulsine. En ajoutant du glucose à la solution méthylique de ces produits d'hydrolyse, l'émulsine combine ce glucose à l'alcool méthylique dans les mêmes proportions que s'il était seul en solution.

La conclusion que nous pouvons tirer de ces expériences est que les produits de l'hydrolyse fermentaire de l'inuline ne renferment pas de glucose, l'inuline étant ainsi uniquement constituée par l'union de molécules de fructose.

ENTOMOLOGIE. — *Régénération de pattes à la place d'antennes sectionnées, chez un Phasme*. Note (¹) de M. **L. Cuénot.**

Parfois, après amputation d'appendices d'Arthropodes, il repousse sur la blessure un appendice différent de celui qui a été enlevé, et plus ou moins semblable à un autre organe normal de l'espèce, par exemple chez divers Crustacés (*Palinurus*, *Palæmon*) une antennule à la place d'un œil. Cette régénération hétéromorphique est dite une *homœosis de substitution*. On soupçonnait l'existence de l'homœosis chez les Insectes parce que l'on a trouvé à plusieurs reprises des animaux dont une ou deux antennes étaient terminées par des articles tarsaux avec griffes; Schmit-Jensen (²) vient

(¹) Séance du 11 avril 1921.

(²) H.-O. Schmit-Jensen, *Homœotisk Regeneration af Antennen hos en Phasmide, Carausius (Dixippus) morosus* (*Videnskab. Meddel. fra Dansk naturh. Forening i Kjöbenhavn*, 65, 1913, p. 113). — Republié en anglais : *Homœotic regeneration of the antennæ in a Phasmid or Walking-stick* (*Smithsonian Report for* 1914, Washington, 1915, p. 523). — Résumé par Caudell, *Regeneration of antennæ* (*Science*, 40, 1914, p. 352).

récemment d'en signaler un cas tout à fait remarquable chez un Phasme indien, élevé couramment dans les laboratoires, le *Carausius morosus* Brunn. : l'antenne, après section, est remplacée par une patte, ou du moins par une extrémité de patte; cette fois, le fait est hors de doute et peut être vérifié expérimentalement avec facilité. Sans connaître le travail de Schmit-Jensen, paru peu de temps avant la guerre, j'avais reconnu aussi chez la même espèce le phénomène de l'homœosis et commencé son étude, d'autant plus intéressante que le *Carausius* est facile à élever et que son abondante ponte parthénogénétique permet de suivre des lignées pures. Mes observations confirment le travail succinct mais très exact du zoologiste danois, et j'estime qu'elles font progresser la question, tout en étant loin de l'épuiser. Certainement, le *Carausius* deviendra le matériel de choix pour les recherches sur l'homœosis, phénomène rare et capricieux, qui existe chez une espèce et peut manquer chez une autre très voisine, et dont l'interprétation théorique est d'une extraordinaire difficulté.

L'antenne du Phasme (*fig*. I) comprend un article basilaire ou scape, large et plat, que je désignerai comme article n° 1, puis un article n° 2 (pédicule) à peu près cylindrique, et enfin les nombreux articles du flagellum.

Pour obtenir des régénérations hétéromorphiques, il suffit de sectionner transversalement, en leur milieu, les articles 1 ou 2 (*fig*. IV); comme on pouvait le prévoir, la patte hétéromorphique ne se développe dans la perfection qu'après un certain nombre de mues, trois au moins : après la première, la blessure apparaît cicatrisée et terminée par un mamelon très bossué; après la deuxième mue, on reconnaît une patte, bien que sa forme soit encore imparfaite; les articles, irréguliers et tuberculeux, sont mal séparés les uns des autres. Ce n'est qu'après la troisième mue que la patte est parfaitement bien dessinée (*fig*. I et II). Il faut donc pratiquer les sections sur des larves assez jeunes, pour que les organes aient le temps de se développer complètement avant la mue imaginale.

La patte hétéromorphique la plus complète que j'ai obtenue, comme Schmit-Jensen, comprend un tibia et un tarse de 4 articles. Le tibia, toujours inséré sur l'article basilaire de l'antenne reconnaissable à sa forme, est cannelé, avec des poils noirâtres sur les arêtes, rappelant ainsi, en beaucoup plus court, le tibia d'une patte normale; le tarse est tout à fait identique à celui d'une patte régénérée après autotomie : il est tétramère comme celui-ci, et non pentamère comme un tarse de patte normale; le premier article, le plus long, porte une paire de plantules à son extrémité distale, de

même que les deux articles suivants, plus courts; le quatrième article, ovoïde, est terminé par un large empodium et porte deux fortes griffes courbes.

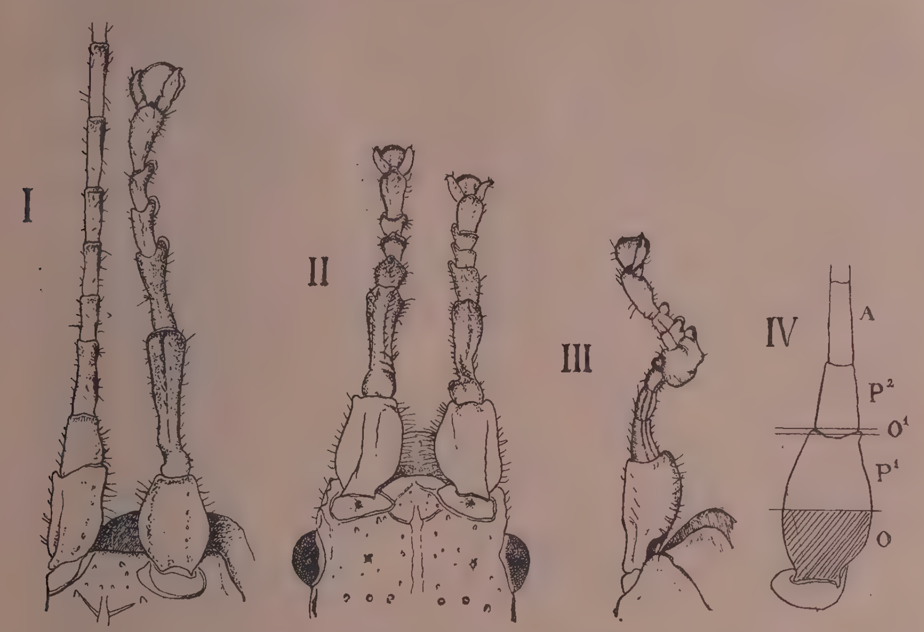


Fig. I. — *Carausius morosus*, imago; chez la larve, l'antenne droite a été sectionnée au travers de l'article n° 2, il a repoussé à la place une patte comprenant tibia et tarse, et mesurant 5mm, depuis son insertion sur l'article basilaire de l'antenne jusqu'au bout des griffes. L'antenne gauche est normale.

Fig. II. — Imago : régénération de pattes après section des deux antennes, au travers de l'article n° 2.

Fig. III. — Imago : après section de l'article n° 2, il a repoussé une formation mixte et incomplète, comprenant à la base deux articles antennaires, puis une masse boursouflée et un tarse muni d'une seule griffe. Vue de profil.

Fig. IV. — Schéma des zones dans l'antenne : A, article n° 3, dont la section est suivie de la régénération d'articles antennaires; O, région de l'article basilaire dont la section n'est suivie d'aucune régénération; O^1, zone de séparation entre les articles 1 et 2, dont la section n'est suivie d'aucune régénération; P^1 et P^2, parties des articles 1 et 2, dont la section est suivie généralement de la régénération d'une patte plus ou moins parfaite.

On trouve tous les intermédiaires entre ces pattes hétéromorphiques parfaites et un bourgeon bosselé et informe; le tibia peut être à peine représenté ou manquer tout à fait, les articles des tarses se réduisent ou deviennent méconnaissables; enfin il n'est pas rare qu'une griffe seulement se développe à l'extrémité, l'empodium étant présent.

Il semble, d'après la lecture du travail de Schmit-Jensen, qu'il n'a jamais obtenu deux pattes antennaires; c'est évidemment par malechance,

car en pratiquant les sections aux bons niveaux sur les deux antennes, il est très facile d'obtenir l'hétéromorphose des deux côtés (*fig.* II), et de fabriquer ainsi un Insecte à huit pattes.

Très rarement, j'ai obtenu une espèce de patte-antenne (*fig.* III) : l'appendice régénéré comprend, au-dessus de l'article basilaire, une série de deux articles, qui ressemblent tout à fait à ceux d'une antenne, et qui sont suivis par des articles de pattes : d'abord un mamelon bosselé (tibio-tarse), puis trois articles tarsaux terminés par un empodium et une griffe unique; Schmit-Jensen a observé aussi une patte-antenne à quatre articles antennaires.

Plusieurs fois, dans un dixième environ des opérés, il y a eu, chez des Phasmes dont une ou deux antennes avaient été sectionnées au milieu du premier article ou du second, régénération de véritables antennes normales.

M. Gaston Bonnier offre à l'Académie le Tome 32 de la *Revue générale de Botanique* publiée sous sa direction.

M. Lacour-Gayet fait une lecture sur *Bonaparte, Membre de la Première Classe de l'Institut national des Sciences et des Arts.*

NOMINATIONS.

Le Comité du centenaire de la mort de Napoléon Ier invite l'Académie à se faire représenter à la séance qui se tiendra à la Sorbonne le mercredi 4 mai en l'honneur des *Institutions civiles de Napoléon.*

MM. les Membres du Bureau et M. A. Mesnager sont désignés pour représenter l'Académie.

CORRESPONDANCE.

Le Comité du six-centième anniversaire de la mort de Dante Alighieri invite l'Académie à se faire représenter à la cérémonie commémorative qui aura lieu, en l'Eglise Saint-Séverin, le 27 avril prochain.

Le **Royal Sanitary Institute** invite l'Académie à se faire représenter au Congrès qui se tiendra à Folkestone du 20 au 23 juin 1921.

(Renvoi à la Section de Médecine.)

M. **Marcel Delépine** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Chimie, par le décès de M. *Émile Bourquelot*.

M. le **Sous-Secrétaire d'État de l'Aéronautique et des Transports aériens** adresse le *Programme général des études de Physique et de Mécanique intéressant le Service technique et de l'Aéronautique* et invite les savants qui seraient désireux de collaborer à la réalisation de ce programme à se faire connaître.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance :

1° *Précis de Médecine légale*, par A. Lacassagne et Étienne Martin. (Présenté par M. Widal.)

2° H. Ollivier. *Cours de Physique générale*. Tome I : *Unités C. G. S. et M. T. S. Gravitation. Électricité et Magnétisme. Ions et électrons. Symétries.* (Présenté par M. J. Violle.)

3° *Cours de Mécanique appliquée*. Tome II : *Statique graphique et résistance des matériaux*, par Louis Roy.

4° *Étude sur les doublets élastiques*, par A. Thuloup. (Présenté par M. Bertin.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Courbes algébriques non unicursales à torsion constante.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. J'ai indiqué de nombreuses courbes algébriques à torsion constante, de genre arbitraire, réelles ou imaginaires [1]. Nous savons que

[1] *Annales de l'École Normale*, 1919 et 1920; *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 321 et 613.

les courbes $\mathcal{A}$, *réelles ou imaginaires*, donnent *toutes* les surfaces *réelles* applicables sur le paraboloïde de révolution, et, qu'à titre d'asymptotiques des surfaces à courbure totale constante, positive ou négative, elles jouent un rôle important dans la détermination de ces surfaces. Aussi, les courbes $\mathcal{A}$ non unicursales que j'ai citées étant toutes du type hyperelliptique, je me débarrasse de cette restriction qui n'avait rien d'essentiel et je donne de nouveaux exemples pour lesquelles les coordonnées d'un point courant s'expriment rationnellement au moyen de deux variables x, y liées par la relation $y^n = x^{m+1} - x$, m et n étant soit entiers, soit fractionnaires, $\gtrless 0$. Ces exemples sont tous imaginaires; je donnerai bientôt des types réels différents.

La recherche d'une courbe $\mathcal{A}$ algébrique revient à tracer sur la sphère $x^2 + y^2 + z^2 = 1$ une courbe algébrique $\mathcal{B}$ lieu du point (c, c', c'') telle qu'en posant $u = \frac{c + ic'}{1 - c''}$, $v = -\frac{c + ic'}{1 + c''}$ les trois intégrales $\int \frac{du}{(u-v)^2}$, $\int \frac{v\,du}{(u-v)^2}$, $\int \frac{v^2\,du}{(u-v)^2}$ prises le long de $\mathcal{B}$ soient algébriques.

2. Restant dans l'esprit de ma Note du 2 février 1914, j'écris

$$(1)\qquad \begin{cases} u^n = n(p^{m+1} - p), \qquad v = u + \dfrac{K}{\theta}, \\ \theta = A_1 p^{hm+s} + A_2 p^{(h-1)m+s} + \ldots + A_{h+1} p^s, \end{cases}$$

m, n, s étant soit entiers, soit fractionnaires, $\gtrless 0$, h un entier positif, les A et K des constantes. Les trois intégrales en question sont algébriques, *quel que soit* K, si les cinq intégrales $\int \theta\,du$, $\int \theta u\,du$, $\int \theta^2\,du$, $\int \theta^2 u\,du$, $\int \theta^2 u^2\,du$ sont algébriques. En posant $I_{r,k} = \int u^{-k} p^r\,dp$, la formule de récurrence

$$(2)\qquad [nr + (m+1)(n-k)]\,I_{m+r,k} - [nr + n - k]\,I_{r,k} = p^r u^{n-k}$$

montre que (si $n \neq 1$, 2 ou 3) les coefficients $A_1, A_2, \ldots, A_{h+1}$ sont liés par cinq relations homogènes, dont deux linéaires et trois quadratiques. Si $h \geqq 5$ on trouve des solutions $\mathcal{A}$ à $h - 4$ arbitraires; si l'on élimine deux A, le calcul revient à trouver les points communs à trois quadriques de l'espace à $h - 2$ dimensions. Il peut exister certaines solutions impropres, évidentes *a priori*, et alors la recherche se simplifie encore : ainsi, pour $h = 5$, $s = 0$, $m = 2$, la solution impropre $\theta = \lambda u^{2n} + \mu$ (λ, μ constantes arbitraires) montre que les trois quadriques de l'espace ordinaire ont une droite commune à éliminer et il reste quatre solutions et non plus huit; en supposant de

plus $n = 4$, le genre obtenu est 3, le plus faible possible, puisqu'il s'agit de courbes non hyperelliptiques.

Pour $n = 3$, l'intégrale $\int \theta^2 u^2 \, du$ est automatiquement algébrique, une relation quadratique disparaît; pour $h \geq 4$, on a des solutions à $h - 3$ arbitraires; pour $h = 4$, on est ramené à trouver les points communs à deux coniques; pour $h = 5$, on est ramené à l'intersection de deux quadriques de l'espace ordinaire et si de plus $m = 3$, $s = 0$, la solution impropre $\theta = \lambda u^0 + \mu$ fournit une droite commune à rejeter; sur le reste de l'intersection on peut alors exprimer les A rationnellement au moyen d'une arbitraire K′ et les courbes $\mathcal{A}$ obtenues sont de genre 3, dépendent des deux arbitraires K et K′.

Pour $n = 2$, le procédé réussit encore et donne cette fois des courbes hyperelliptiques, on n'a à étudier que les trois intégrales $\int \theta \, du$, $\int \theta^2 \, du$, $\int \theta^2 u^2 \, du$. Enfin, pour $n = 1$, les formules (1) donnent *explicitement sans calcul* des courbes et unicursales.

3. La recherche des courbes algébriques à torsion constante conduit, en général, à des calculs inextricables; pour le type adopté ici, les calculs se réduisent presque au minimum et se font sans effort. Mais, avec un choix convenable des nombres m, n, s, h, on peut encore diminuer les calculs. La formule de récurrence (2) montre, en effet, que si le coefficient de gauche $nr + (m + 1)(n - k)$ est nul, la série d'intégrales $I_{r,k}$, $I_{r-m,k}$, $I_{r-2m,k}$, ... est algébrique, la série $I_{r+m,k}$, $I_{r+2m,k}$, ... transcendante. Si le coefficient de droite $nr + n - k$ est nul, c'est l'inverse.

On reconnaît aussitôt que, si l'on prend $\theta = \sum A_j p^{jm}$, où les j sont entiers $\gtrless 0$ et si $n = \frac{m+1}{-tm}$ ou $n = \frac{-1}{tm}$ les cinq intégrales étudiées ici sont automatiquement algébriques, parce que cinq coefficients de gauche ou cinq de droite sont nuls; pour $n = \frac{m+1}{-tm}$ on doit supposer $j \leqq \frac{t-1}{2}$ si $t > 0$ ou $j \leqq 2t - 1$ si $t < 0$. Pour $n = \frac{-1}{tm}$ on doit supposer $j \geqq 2t + 1$ si $t > 0$ ou $j \geqq \frac{t+1}{2}$ si $t < 0$. Les courbes $\mathcal{A}$ ainsi obtenues sont, malgré l'apparence, *unicursales* : il suffit de prendre p^m, au lieu de p, pour nouveau paramètre. Ces courbes, obtenues *explicitement sans calcul*, possèdent des propriétés importantes sur lesquelles j'aurai l'occasion de revenir.

Si, maintenant, j'égale à zéro un coefficient de gauche convenablement

choisi dans $\int \theta\, du$ et $\int \theta^2 u\, du$ et un coefficient de droite dans $\int \theta^2\, du$ et $\int \theta^2 u^2\, du$, on pourra supposer

$$s = \frac{m}{4}, \qquad m = \frac{2t+1}{2(2t_1+1)}, \qquad nm = \frac{-2}{2t_1+1},$$

où t et t_1 sont des entiers $\gtrless 1$ et alors il reste une seule relation linéaire entre les A fournie par $\int \theta u\, du$. L'exemple le plus simple obtenu par ce procédé est

$$u^{-\frac{4}{11}} = \frac{-4}{11}\left(p^{\frac{13}{2}} - p\right), \qquad \theta = 85\, p^{\frac{99}{8}} + 9\, p^{\frac{55}{8}}$$

qui, en prenant comme variable nouvelle $P = p^{\frac{11}{8}}$, correspond birationnellement à la courbe $Q^4 = P^4 - 1$ de genre 3. La courbe $\mathcal{A}$ obtenue a quatre cycles isotropes à l'infini obtenus pour $P = +\infty$, de degré 9, classe 13, indice 18; quatre cycles isotropes pour $P = 0$, de degré 2, classe 5, indice 4; un cycle isotrope pour P égal à $+1$, -1, $+i$, $-i$ de degré et classe 11, indice 44; cette courbe $\mathcal{A}$ est de degré 176 et ne dépend que de la constante K.

4. Tout ce qui précède peut se répéter en supposant intervertis les rôles de u et θ, c'est-à-dire supposant que $\theta^n = n(p^{m+1} - p)$ et $u = A_1 p^{hm+s} + \ldots$; c'est cette forme que j'avais employée en 1914, en supposant toutefois $n = 2$, auquel cas je ne pouvais obtenir que des courbes du type hyperelliptique.

ASTRONOMIE. — *Observation de l'éclipse de Soleil du 7 avril 1921, faite à l'Observatoire de Toulouse.* Note de M. L. **Montangerand.**

Cette éclipse, partielle à Toulouse, a été observée à l'équatorial Brunner-Henry (objectif de $38^{cm},5$ d'ouverture, diaphragmé à 8^{cm}), et dans des conditions atmosphériques assez défavorables. On a employé le grossissement 88.

Au moment du premier contact, le ciel était très voilé, mais les images tranquilles. L'instant noté pour la première aperception de la morsure du bord lunaire sur le disque solaire a été $19^h 27^m 34^s$ (t. moy. de Toulouse). En tenant compte du retard de cette aperception, on peut estimer que le premier contact s'est produit à $19^h 27^m 32^s$.

Puis, le ciel s'embrume progressivement, et l'on suit un peu difficilement

la marche du phénomène. Pourtant, avant le dernier contact, le ciel se découvre presque complètement, mais les images sont assez troublées. Néanmoins, l'instant de ce dernier contact a pu être pris avec une précision suffisante à $21^h 57^m 24^s,4$ (t. m. Toulouse).

On n'a pu voir les bords de la Lune avant le premier contact ni après le dernier.

COSMOGONIE. — *Constitution et formation des nébuleuses spirales.* Note [1] de M. **Alex. Véronnet**, présentée par M. B. Baillaud.

J'ai indiqué dans une Note précédente [2] comment une étoile double sur son déclin pouvait se rajeunir et former une étoile nouvelle et nébuleuse. Il semble également qu'*une étoile double, formée de deux composantes de masses homogènes assez grosses et assez voisines, peut aboutir à la formation d'une nébuleuse spirale*.

En égalant l'énergie résultant de la fusion complète des deux astres, à la chaleur absorbée et rayonnée, on a la formule

$$(1) \qquad \frac{3}{5}f\left(\frac{M^2}{R}-\frac{m^2}{r}-\frac{m'^2}{r'}\right)-\frac{5}{4}f\frac{m^2m'^2}{M^2}\frac{r+r'}{R^2}-\frac{1}{2}f\frac{mm'}{r+r'}=McA(T-T_1)+E_r.$$

Le premier terme représente l'énergie de formation de la masse M avec rayon R, diminuée de l'énergie de formation antérieure de m et m'. Pour une condensation maximum, il suffirait de multiplier par $\frac{5}{3}$. Le second terme représente l'énergie de rotation subsistante, le troisième l'énergie perdue avant le contact, par frottement dans le milieu, pour donner des orbites à peu près circulaires. Le second membre contient l'énergie rayonnée E_r, et la chaleur absorbée par la masse, dont la température a passé de T_1 à T. *L'énergie fournie serait encore énorme* et pourrait atteindre le $\frac{1}{6}$ de l'énergie de formation de l'une des masses.

Négligeons d'abord E_r, en supposant une compénétration des deux astres assez rapide, ou en admettant que toute la chaleur soit utilisée à élever la température, on obtient pour l'augmentation maximum de cette température, dans le cas des masses égales,

$$(2) \qquad T-T_1=\frac{3}{5}f\frac{m}{cAr}\left(2\frac{r}{R}-\frac{25}{48}\frac{r^2}{R^2}-\frac{29}{24}\right).$$

---

(1) Séance du 11 avril 1921.

(2) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 666.

Le second membre doit être positif, ce qui donne ici

$$(3) \qquad R < 1{,}33\,r \quad \text{et} \quad R < 2r$$

dans le cas de choc direct sans rotation. Les valeurs réelles, correspondant à T, seraient d'ailleurs extrêmement voisines de ces valeurs limites.

D'autre part, les lois de dilatation donnent, en simplifiant avec la précision de 0,1 [1],

$$(4) \qquad 2\frac{r^3}{R^3} = \frac{D}{D_1} = \frac{1+\alpha_1 T_1}{1+\alpha T} < \frac{T_1}{T}, \qquad T < 1{,}17\,T_1 < 4\,T_1.$$

La température nouvelle de l'astre résultant, qui serait multipliée par 4 dans le cas de choc direct, ne saurait augmenter ici que de $\frac{1}{6}$, si elle portait sur toute la masse.

L'augmentation de *grandeur vraie* de l'astre définie par l'intensité rayonnante *totale* I serait

$$(5) \qquad \mu - \mu_1 = \frac{5}{2}\log\frac{I}{I_1} = \frac{5}{2}\log\frac{R^2 T'^4}{R_1^2 T_2'^4} = 10\log\frac{T}{T_1'} + 5\log\frac{R}{R_1},$$

T_1' étant la température *superficielle* initiale, $T_1 = 2T_1'$. L'accroissement maximum d'éclat serait, de 10,5 grandeurs dans le cas de choc direct, de 1,3 seulement dans le cas de fusion complète par rotation.

On voit donc que, dans ce dernier cas, si toute l'énergie produite était employée à échauffer la masse, le résultat serait peu appréciable. *C'est donc l'énergie produite, à la surface, par la friction des deux astres, et dépensée en énergie rayonnante, qu'il y a lieu surtout de considérer ici.*

Nous sommes ramenés au cas d'une masse faible m tournant autour d'une masse M et s'y fusionnant, en échauffant une masse superficielle km de T_1 à T, en accroissant le rayon R de δR au lieu de dR. La formule (1) devient

$$(6) \qquad \left(f\frac{mM}{R} - \frac{3}{5}f\frac{m^2}{r}\right) - \frac{5}{4}f\frac{m^2}{r} - \frac{1}{2}f\frac{mM}{R} - \frac{1}{2}f\frac{kmM}{R}\frac{\delta R}{R} = kmcA(T-T_1) + E_r.$$

Les termes en m^2 sont de l'ordre $m : M$ et négligeables.

Le quatrième terme s'introduit par la dilatation δR, qui peut s'exprimer en fonction de $T - T_1$.

En négligeant les termes négligeables à 0,1 près, on a successivement

$$(7) \qquad (T-T_1)\left(1 + \frac{3}{cAT_1}f\frac{m}{R}\right) = \frac{1}{2kcA}f\frac{M}{R}, \qquad \frac{T}{T_1} = \frac{M}{6km}.$$

[1] *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 642.

T_1 est ici la température *superficielle* de M. Dans le cas de chute directe, le second membre de ces deux expressions est multiplié par 2. On a vu les résultats numériques dans la Note précédente. Pour $k = 10$, on aurait ici 100000 degrés pour une masse analogue à Jupiter s'incorporant au Soleil, avec augmentation de 12,6 grandeurs [le terme en R devient négligeable en (5)].

Dans le frottement de deux astres, nous avons une source d'énergie superficielle de l'ordre de celle donnée par la formule (6), *qui produit un centre de rayonnement intense, dont la pression de radiation devient très supérieure à l'attraction. Les particules des deux astres sont donc chassées, suivant deux pôles opposés situés sur une ligne qui joint les centres des deux astres tournants.* Nous obtenons une *nébuleuse spirale.*

La trajectoire de chaque particule dans l'espace est une hyperbole, sur laquelle la vitesse devient vite sensiblement radiale. Les particules lancées à des instants différents ont tourné d'un certain angle égal à celui de la rotation des deux masses centrales et se disposent sur des spirales diffuses, les vitesses étant différentes. La distance entre les spires est égale à l'espace parcouru par les particules pendant une rotation des deux astres. Une température superficielle 10 fois plus grande que celle du Soleil donnerait aux fines particules des vitesses de l'ordre de 100000^{km} par seconde, voisines de celles de la lumière. L'écart des spires peut atteindre 1″ à 15 parsecs.

Ces vitesses pourront permettre à la nébulosité, qui se déplace radialement d'ailleurs, de traverser d'autres systèmes, d'autres étoiles, sans être trop déformée, et sans que ces étoiles lui appartiennent. *Ce seront donc des systèmes à évolution rapide, de l'ordre de centaines d'années, d'autant plus intéressants à suivre. Ce seront des systèmes comparables aux étoiles simples ou doubles, mais nullement à la Voie lactée.* Les mesures de Van Maanen ont montré d'ailleurs que les mouvements internes sont centrifuges et non centripètes, comme on le croyait, qu'ils sont rapides et décelables en quelques années. *Tout cela rapproche bien les nébuleuses spirales des étoiles nouvelles et des étoiles nébuleuses, plutôt que des systèmes stellaires.*

MAGNÉTISME. — *Sur les homologues d'un aimant permanent uniformément aimanté. Loi de l'ellipsoïde.* Note [1] de M. H. **Chipart**, présentée par M. L. Lecornu.

Dans une précédente Note [2] nous avons défini ce que nous entendions par *homologue* U'_1 d'un corps U' plongé dans un liquide magnétique illimité U dont nous désignons par μ la perméabilité. Nous nous proposons d'étudier les homologues d'un aimant permanent U' ($\mu' = 1$, $i' = j' = 0$), de forme arbitraire, dont l'aimantation est uniforme et peut recevoir toutes les orientations possibles.

Ce calcul se ramène à celui d'un potentiel de simple couche $V_1(x, y, z)$ astreint à vérifier, sur la surface S' qui limite l'aimant U', la condition (1) :

$$(1)\qquad \frac{dV_1}{dn} + \frac{1}{\mu}\frac{dV_1}{dn'} + 4\pi\frac{\sigma}{\mu} = 0 \qquad \sigma = (\nu . J) = J_x\cos\alpha + J_y\cos\beta + J_z\cos\gamma$$

(ν désigne un vecteur unité porté suivant la normale extérieure; $\frac{d}{dn}$ et $\frac{d'}{dn}$ désignent les dérivées prises suivant la direction ν et la direction opposée; enfin J_x, J_y, J_z sont les composantes de l'aimantation uniforme portée par l'aimant U').

La solution de l'équation (1) est

$$V_1(x, y, z) = uJ_x + vJ_y + wJ_z,$$

u, v, w représentant trois potentiels de simple couche astreints à vérifier sur S' les conditions (2) :

$$(2)\qquad \mu\frac{du}{dn} + \frac{du}{dn'} + 4\pi\cos\alpha = 0, \qquad \mu\frac{dv}{dn} + \frac{dv}{dn'} + 4\pi\cos\beta = 0, \qquad \ldots$$

Les composantes du champ magnétique $\mathcal{H}_1 = -$ gradient V_1 créé par l'aimant homologue U'_1 sont donc fonctions linéaires et homogènes des J_x, J_y, J_z, en sorte que la fonction Φ

$$(3)\qquad \Phi(\mathfrak{M}_x, \mathfrak{M}_y, \mathfrak{M}_z) = \frac{\mathfrak{M}^2}{2\mu} + \varkappa U' \int_U \frac{\mathcal{H}_1^2}{8\pi\mu}\,d\varpi + \varkappa U' \int_U \frac{\mathcal{H}_1^2}{8\pi}\,d\varpi$$

est une forme quadratique en $\mathfrak{M}_x$, $\mathfrak{M}_y$, $\mathfrak{M}_z$.

---

[1] Séance du 11 avril 1921.

[2] *Comptes rendus,* t. 172, 1921, p. 750.

Nous allons établir que *le moment magnétique* $\mathfrak{M}_1$ *de l'homologue* U'_1 *est lié au moment magnétique* $\mathfrak{M}$ *de l'aimant* U' *par les formules* (4) *qui expriment la loi de l'ellipsoïde*

$$(4) \qquad \mathfrak{M}_{1x} = \frac{\partial \Phi}{\partial \mathfrak{M}_x}, \qquad \mathfrak{M}_{1y} = \frac{\partial \Phi}{\partial \mathfrak{M}_y}, \qquad \mathfrak{M}_{1z} = \frac{\partial \Phi}{\partial \mathfrak{M}_z}.$$

A cet effet commençons par observer que, les aimantations de U' et de U'_1 étant toutes deux solénoïdales, les projections des moments magnétiques de ces aimants vérifient les formules (5) :

$$(5) \qquad \mathfrak{M}_x = \int_{S'} x\,\sigma\,d\omega, \qquad \mathfrak{M}_{1x} = \int_{S'} x\,\sigma_1\,d\omega.$$

On a d'ailleurs

$$\sigma_1 = \frac{1}{4\pi}\left(\frac{dV_1}{dn} + \frac{dV_1}{dn'}\right) = \frac{1}{\mu}\left(\sigma - \varkappa\frac{dV_1}{dn'}\right).$$

Transformons l'expression analytique de $\mathfrak{M}_{1x}$; nous obtenons d'abord la suite d'égalités

$$\mu\,\mathfrak{M}_{1x} - \int_{S'} x\,\sigma\,d\omega = -\varkappa\int_{S'} x\frac{dV_1}{dn'}\,d\omega = \varkappa\int_{S'} V_1\cos\alpha\,d\omega = -\frac{\varkappa}{4\pi}\int_{S'} V_1\left(\mu\frac{du}{dn} + \frac{du}{dn'}\right)d\omega$$
$$= -\frac{\varkappa}{4\pi}\int_{S'} u\left(\mu\frac{dV_1}{dn} + \frac{dV_1}{dn'}\right)d\omega = \varkappa\int_{S'} u\,\sigma\,d\omega,$$

d'où la formule

$$\mathfrak{M}_{1x} = \frac{1}{\mu}\int_{S'}(x + \varkappa u)(J_x\cos\alpha + J_y\cos\beta + J_z\cos\gamma)\,d\omega = A_{11}J_x + A_{12}J_y + A_{13}J_z.$$

A son tour la transformation des coefficients A_{pq} se résume dans la nouvelle suite d'égalités

$$A_{12} = \frac{\varkappa}{\mu}\int_{S'} u\cos\beta\,d\omega = -\frac{\varkappa}{4\pi\mu}\int_{S'} u\left(\mu\frac{dv}{dn} + \frac{dv}{dn'}\right)d\omega$$
$$= \frac{\varkappa}{4\pi\mu}\int_{U'}\sum\frac{\partial u}{\partial x}\frac{\partial v}{\partial x}\,d\varpi + \frac{\varkappa}{4\pi}\int_{U}\sum\frac{\partial u}{\partial x}\frac{\partial v}{\partial x}\,d\varpi = A_{21},$$

et pareillement

$$A_{11} = \frac{U'}{\mu} + \frac{\varkappa}{4\pi\mu}\int_{U'}\sum\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 d\varpi + \frac{\varkappa}{4\pi}\int_{U}\sum\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 d\varpi.$$

Observant enfin que le carré $\mathcal{H}_1^2$ du champ magnétique créé par l'homologue U'_1 a pour expression

$$\mathcal{H}_1^2 = \sum\left(J_x\frac{\partial u}{\partial x} + J_y\frac{\partial v}{\partial x} + J_z\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2,$$

nous aboutissons aux conclusions suivantes :

1° $\mathcal{M}_1$ est une fonction vectorielle linéaire symétrique de $\mathcal{M}$;

2° Le produit scalaire $(\mathcal{M}.\mathcal{M}_1)$ est égal à $2\Phi(\mathcal{M}_x; \mathcal{M}_y, \mathcal{M}_z)$;

3° La quadrique $\Phi(x, y, z) - 1 = 0$ est un ellipsoïde lorsque le liquide U est paramagnétique $(\varkappa > 0)$;

4° La propriété précédente s'étend pratiquement aux liquides diamagnétiques connus, car, en raison de la petitesse du coefficient d'aimantation $\varkappa$, $\frac{\mathcal{M}^2}{2\mu}$ représente le terme prépondérant de $\Phi(\mathcal{M}_x, \mathcal{M}_y\, \mathcal{M}_z)$.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'étincelle de l'or et du platine dans l'ultra-violet extrême.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. E. Bouty.

Le spectre d'étincelle de l'or a été mesuré par Handke jusqu'à la longueur d'onde 1623,2. Nous l'avons étendu jusqu'à 1400. Les 10 premières raies de notre liste correspondent à des mesures assez mauvaises par suite de l'imperfection des clichés; les 14 dernières ont été calculées par extrapolation et peuvent présenter de légères erreurs systématiques. Dans la région commune aux mesures de Handke, nous retrouvons la plupart des raies intenses de cet auteur.

Le spectre du platine dans la région de Schumann est donné ici pour la première fois.

Un certain nombre de raies sont marquées comme faibles (f.), larges (l.), diffuses (d.), doubles (dou.), multiples (mul.), douteuses (dout.), ou d'origine incertaine (?).

Or.

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
2	1850,4		2	1762,0		3	1698,8	
2	1844,5		3	1756,5		6	1693,9	
1	1836,3		2	1749,6		1	1684,7	f.
2	1830,5		2	1745,7		1	1676,8	
3	1822,5		3	1740,2		6	1673,6	
1	1810,4		2	1726,8		1	1667,8	
2	1805,9		2	1725,8		3	1665,3	
4	1800,8		1	1720,5		2	1657,5	d.
4	1794,0		2	1717,2		3	1653,0	
1	1786,7		1	1715,8		1	1646,5	
3	1783,6		2	1710,1		1	1644,3	
4	1775,7		1	1707,0		3	1638,9	
1	1767,8		3	1700,5	dout.	1	1636,6	

Or (suite).

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
1	1633,5		3	1562,2		3	1588,1	
3	1629,2		2	1556,4		1	1470,6	mul.
1	1624,4		2	1554,7		1	1459,3	mul.
4	1622,0		1	1552,8		1	1454,5	
2	1617,2		1	1550,8	?	1	1452,4	
2	1613,5		1	1548,2	?	2	1450,0	
3	1611,9		1	1543,3		1	1447,7	
1	1607,4		1	1542,1		1	1445,4	
3	1600,3		1	1540,3		1	1442,2	
1	1598,7	dout.	1	1538,4		2	1440,5	
1	1595,8		2	1536,8		2	1438,7	
2	1593,4		3	1533,9		2	1437,1	
2	1592,7		1	1531,9	dout.	3	1435,0	
3	1589,5		1	1529,7	t. f.	2	1432,1	
1	1587,3	d.	1	1526,0	t. f.	2	1429,8	
1	1584,7		2	1521,2		2	1427,6	
1	1582,1	dout.	2	1518,9		1	1425,8	
1	1579,4		2	1513,2		1	1416,0	
1	1576,9		2	1511,0		1	1413,9	
2	1574,7		2	1509,2		1	1411,8	
1	1571,9	d.	1	1504,3		1	1404,1	
1	1569,8		1	1503,0		2	1401,8	
1	1567,4	d.	3	1500,8				
1	1566,2		1	1497,0				

Platine.

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
1	1843,0		1	1777,9		1	1731,5	t. f.
2	1838,5		4	1776,1		1	1730,0	»
2	1834,7		1	1774,3		1	1728,7	»
1	1833,0		2	1770,1		2	1726,0	
2	1824,8		1	1768,5	f.	1	1724,4	
2	1820,2		1	1765,6		2	1722,9	
2	1817,3		2	1762,9		2	1721,6	
2	1815,1		2	1760,0		2	1719,7	
1	1811,8	d.	1	1757,9		1	1718,2	
1	1807,7	f.	1	1755,8		2	1716,2	
1	1805,6	f.	2	1753,3		1	1714,0	d.
1	1801,5	d.	1	1751,2		1	1712,7	f.
3	1792,8		1	1747,4		1	1711,1	f.
3	1785,5		4	1740,9		2	1708,9	d.
2	1782,7		2	1736,8		2	1705,8	
3	1780,5	l.	2	1735,1		2	1704,8	

Platine (suite).

Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.	Int.	λ.	Obs.
1	1699,6	t. d.	1	1617,0	t. f.	1	1543,9	t. f.
2	1696,6	d.	1	1615,1	dou.	3	1538,7	
1	1694,2	t. f.	1	1613,7	t. f.	1	1536,9	d.
1	1690,3	f.	2	1610,9	dou.	1	1534,6	»
2	1686,9		2	1608,6		1	1532,5	»
2	1684,4		3	1605,9		1	1529,7	»
4	1679,8		1	1602,8		3	1527,1	
1	1676,2	t. f.	1	1601,8		1	1524,8	
1	1673,9	t. f.	1	1600,4		2	1523,2	
3	1669,8		4	1596,6		1	1521,8	
3	1666,2		1	1593,5	t. d.	1	1520,5	d.
2	1664,7		1	1591,6	t. f.	1	1516,9	
1	1662,5	d.	1	1588,8		1	1515,9	
1	1660,1	t. f.	2	1587,2		1	1513,5	
1	1659,1	t. f.	1	1584,7		1	1512,5	
2	1657,6	?	2	1582,3		3	1509,9	
3	1655,8	?	2	1580,6		1	1507,5	f.
1	1654,3	t. f.	2	1579,1		1	1505,5	»
1	1652,5		1	1577,6	d.	1	1502,6	»
1	1650,6	?	1	1574,8	t. f.	1	1498,4	d.
2	1648,2	d.	1	1573,0	t. f.	2	1496,2	
1	1646,2		1	1571,0	d.	1	1491,5	
2	1644,4	d.	1	1568,9	d.	1	1487,3	
2	1642,0	d.	1	1567,0		3	1484,2	
1	1639,5	t. f.	1	1565,3		1	1482,4	
1	1637,3	»	1	1563,9		1	1478,6	t. l.
1	1634,6	»	1	1560,5	?	2	1474,5	
1	1631,1		1	1558,4	l.	3	1472,1	
1	1629,5		1	1553,1	d.	1	1468,7	t. f.
1	1627,4		1	1550,8	?	2	1466,5	
2	1626,0		1	1549,6	t. f.	2	1464,7	dou.
3	1624,2		1	1548,3	?	1	1463,1	dout.
3	1621,8		1	1547,0	dou.	3	1461,0	
1	1618,2	t. f.	3	1545,6				

MÉTALLOGRAPHIE. — *L'emploi des refroidissements très lents pour l'étude micrographique des alliages et la structure des aciers au tungstène.* Note de M. **A. Portevin**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Nous avons, à maintes reprises, au cours d'études sur la structure des alliages, eu recours à des refroidissements exceptionnellement lents. Ce procédé présente un grand intérêt dans les buts suivants :

1° Grossissement de l'ensemble du dessin structural dans les alliages en

équilibre chimique. Ceci peut être mis à profit : soit pour l'enseignement en n'ayant recours qu'aux objectifs à faible grossissement ([1]), soit pour l'étude en fournissant un supplément d'amplification qui permet en quelque sorte de dépasser les grossissements maxima fournis par les dispositifs optiques actuels. D'où l'utilisation de ce procédé pour la résolution et l'étude morphologique des complexes eutectiques fins ([2]), l'examen du mode de déformation et de l'anisotropie des éléments de structure ([3]), etc.

On peut aussi déceler sur des structures ainsi développées de minimes modifications amenées par des traitements thermiques ultérieurs; en particulier cela permet de suivre, par des trempes, la variation, en fonction de la température, des limites des lacunes de miscibilité à l'état solide généralement très difficiles à déterminer par les méthodes physiques.

2° Réalisation de l'état d'équilibre ou d'un état plus voisin de ce dernier dans les alliages présentant des constituants de trempe : par exemple, certains aciers spéciaux au chrome et au manganèse ([4]).

3° Mise en évidence d'états hors d'équilibre jusqu'alors pressentis ou insoupçonnés par l'obtention de nouvelles structures d'équilibre.

On peut ainsi se rendre compte que tous les aciers au nickel industriels, tout au moins ceux que nous avons étudiés jusqu'à 30 pour 100 Ni et 0,8 pour 100 C, sont hors d'équilibre structural.

Les aciers au tungstène nous en fournissent un nouvel exemple que nous décrivons ci-après.

Constituant particulier observé dans les aciers au tungstène. — L'étude des variations de structure apportées par un recuit suivi de refroidissement très lent sur les aciers au tungstène nous a conduit, entre autres choses, au résultat suivant pour des alliages contenant de 0,1 à 0,4 pour 100 C et de 5 à 7,5 pour 100 W :

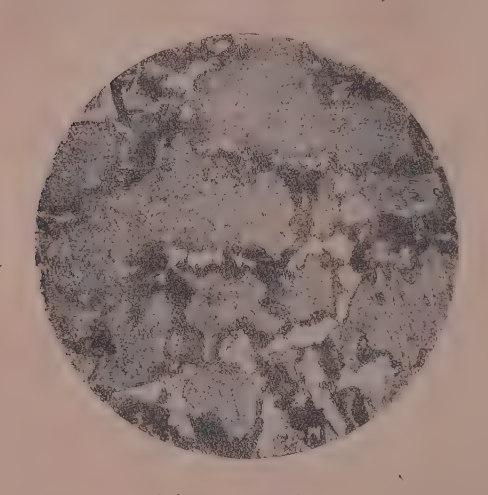
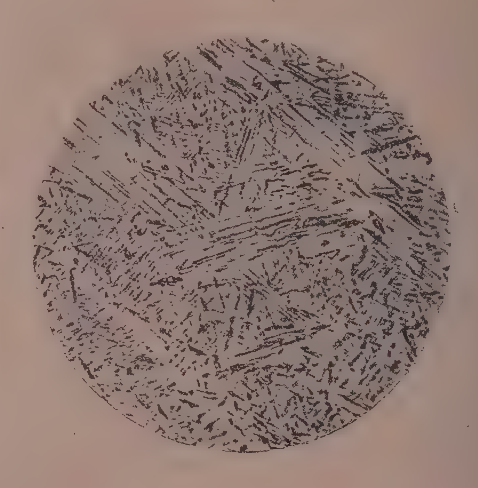
([1]) C'est grâce à l'emploi d'échantillons micrographiques spécialement préparés de cette façon qu'il nous a été permis de réaliser, au laboratoire de Métallographie de l'École Centrale, la présentation directe à des groupes d'élèves, par projection, de l'image fournie par le microscope sur un écran; en évitant l'emploi d'objectifs à fort grossissement on obtient un éclat et une netteté suffisants de l'image ainsi projetée et ce mode de présentation offre de très grands avantages pour l'enseignement de la micrographie.

([2]) Portevin, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 350, et *Int. Zeit. Metall.*, t. 4, 1913, p. 257.

([3]) Portevin, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 320 et 1237; t. 160, 1915, p. 344.

([4]) Portevin, *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 64; t. 165, 1917, p. 62.

La structure de ces aciers *normaux* est décrite comme formée de ferrite associée à la perlite (Guillet, Swinden) ou même dépourvue de perlite (K. Honda et T. Murakami).

Acier au tungstène (C = 0, 4 p. 100; W = 5, 4 p. 100) lentement refroidi.

Fig. 1. — Attaque de 1 minute au réactif Benédicks × 30.

Fig. 2. — Attaque de 4 minutes au réactif Le Chatelier (picrate de soude) × 300.

Après un recuit vers 1300° suivi d'un refroidissement d'une durée de 75 heures jusqu'à 200° la structure se trouve complètement modifiée.

La figure 1 représente un acier à 0,4 pour 100 C et 5,4 pour 100 W ayant subi ce traitement; on y voit un réseau formé de plages claires et foncées délimitant des régions occupées par un constituant différent de ceux que l'on connaît : c'est un complexe d'aspect aiguillé qui se rencontre également dans les aciers à plus basse teneur en carbone (0,1 pour 100) et dans ceux à plus forte teneur en tungstène (7,55 pour 100).

Examiné sous un plus fort grossissement (*fig.* 2), on y distingue très nettement de fines aiguilles orientées comme celles de la martensite des aciers trempés. Ces aiguilles sont colorables par le picrate de soude en solution sodique; ce caractère, joint à leur abondance dans des aciers à aussi basse teneur en carbone, ne permet pas de les prendre pour un carbure, et montre que l'on se trouve en présence du tungsture Fe^2W. La disposition orientée (structure de Widmanstaetten) indique qu'elles se séparent progressivement dans un milieu cristallisé, la solution solide Fe-Fe^2W. Or, dans le diagramme fer-tungstène, la limite du domaine de cette solution solide, c'est-à-dire la ligne de solubilité de Fe^2W à l'état solide, est une

courbe indiquant une solubilité décroissante avec la température pour aboutir à 9 pour 100 W à la température ordinaire (K. Honda et T. Murakami), la présence du complexe aiguillé ferrite + Fe^2W dans les aciers à 0,1 pour 100 C et 5 pour 100 W prouve que cette limite doit être reportée vers les basses teneurs en tungstène.

Les deux autres constituants de ces aciers sont des plages blanches de ferrite (solution solide Fe-Fe^2W) dont la proportion diminue quand la teneur en carbone croît, et un carbure répondant à la formule WC d'après K. Honda et T. Murakami. Ce carbure se présente en éléments visibles, plus ou moins coalescés, ou très fins, formant une troostite facilement colorable par les réactifs acides.

Une fois obtenu, ce constituant spécial aiguillé persiste si l'on soumet l'acier à de nouveaux recuits vers 1000°; par contre, un recuit vers 1100° (refroidissement de 3 heures et demie de durée) fait disparaître le carbure et donne de la ferrite avec le complexe aiguillé dans les aciers à faible teneur en carbone.

En résumé, on peut réaliser pour les aciers au tungstène une structure à 4 constituants comprenant une ferrite au tungstène, du carbure de tungstène, une troostite au tungstène et un constituant nouveau qui est un complexe ferrite + Fe^2W; cela ne fait d'ailleurs que 3 phases : solution solide Fe-Fe^2W, WC et Fe^2W, ce qui est compatible avec l'équilibre dans le système Fe-W-C.

MICROSCOPIE. — *Sur un dispositif microscopique pour l'examen des cristaux opaques*. Note [1] de M. **Maurice François**, présentée par M. Charles Moureu.

Les cristaux opaques et très petits sont difficilement observables par les moyens dont on dispose actuellement. Le microscope ordinaire, établi pour l'observation par transparence, ne permet de voir que leur contour s'ils sont isolés et un contour général informe s'ils sont maclés ou réunis en groupements comportant un grand nombre de cristaux, ce qui est le cas le plus général pour les composés chimiques préparés dans les laboratoires. On en est souvent réduit à se servir, au lieu du microscope qui ne donne aucun résultat utilisable, d'une forte loupe qui permet d'apercevoir des points brillants et d'en conclure que le corps est cristallisé sans donner

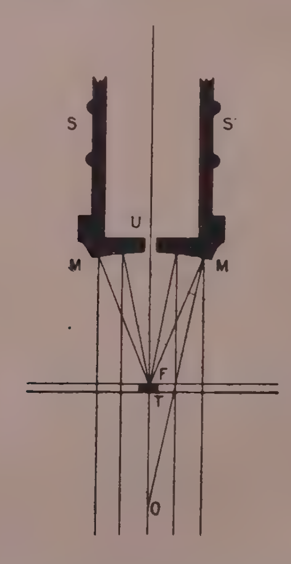
(1) Séance du 11 avril 1921.

d'indication sur la forme, si les cristaux sont très petits. Sans doute, plusieurs dispositifs ont été proposés et construits pour l'examen et la photographie des corps opaques et des lames polies d'alliages, qu'il m'est impossible d'énumérer et qui peuvent donner satisfaction : il semble toutefois qu'il puisse être fait des améliorations pour le cas spécial des cristaux.

J'ai cherché à réaliser un procédé d'observation de ces cristaux microscopiques qui permette d'en voir distinctement toutes les facettes et tous les détails.

Le système consiste à observer par réflexion les cristaux placés au-dessus d'une tache opaque et fortement éclairés sur leur partie supérieure par un très petit miroir concave vissé à la partie inférieure de l'objectif et portant à son centre un trou circulaire d'environ 1^{mm} de diamètre. Complet, le système comprend trois parties spéciales : le miroir concave, la tache opaque, l'éclairage situé dans l'axe du microscope au-dessous de la platine.

Cet éclairage produit un faisceau lumineux parallèle, qui, passant autour de la tache opaque T qui porte les cristaux, vient toucher le miroir concave MM'. Celui-ci fait converger les rayons à son foyer où se trouvent précisément les cristaux. Ces cristaux se trouvent très fortement éclairés et on les examine à travers le canal étroit que porte le miroir concave en son milieu U.



Le miroir concave ne doit pas être construit d'une façon quelconque puisque son foyer doit coïncider avec les objets à examiner qui sont dans la position de la mise au point. Il en résulte que son rayon de courbure doit être le double de la distance fron-

tale mesurée pour l'objectif déterminé et un oculaire n° 1. Il en résulte aussi que, pour chaque objectif, il faut un miroir concave spécial. On serait tenté d'ajouter qu'il en faut un pour chaque combinaison de l'objectif avec les divers oculaires; mais, dans la pratique, les miroirs concaves construits pour un objectif déterminé fonctionnent d'une façon satisfaisante si l'on substitue à l'oculaire n° 1 toute la série des oculaires jusqu'au n° 18 compensateur.

L'ouverture du miroir concave doit être au plus égale à la distance frontale. Si elle était plus grande, il serait impossible d'approcher le miroir des objets assez pour que son foyer vienne coïncider avec eux. Les petits miroirs sont construits en argent fin travaillé optiquement. La construction en est délicate puisque, pour l'objectif n° 5, le rayon de courbure n'est que de $2^{mm},8$.

Les taches opaques que j'ai employées sont constituées par de petits disques de biscuit placés entre lame et lamelle et noyés dans du baume du Canada. Leur diamètre est choisi de façon à couvrir le champ pour les divers grossissements employés et varie de 3^{mm} à $0^{mm},75$.

Enfin l'éclairage électrique placé dans l'axe du microscope et sous la platine consiste en une lampe de 3,5 volts de 15^{mm} de diamètre, placée dans un tube d'oculaire dont on a enlevé la lentille inférieure. Tant pour la vision que pour la photographie, cet éclairage de très petites dimensions, placé dans l'axe du microscope, se montre de beaucoup supérieur aux lampes gigantesques employées couramment pour des buts semblables et qui envoient leur lumière dans l'axe du microscope par l'intermédiaire du miroir de celui-ci.

Il apparaît d'ailleurs qu'un semblable éclairage, donnant une lumière toujours égale, pourrait être employé avantageusement pour les observations microscopiques par transparence en Botanique, en Bactériologie, etc.

Les images perçues par l'œil au moyen du dispositif que je viens de décrire sont toujours très brillantes. Tous les détails des cristaux, toutes leurs facettes apparaissent avec netteté. La photographie en est difficile, parce qu'on ne photographie pas, comme dans le cas des observations par transparence, la source lumineuse, mais bien des objets sombres par nature et éclairés par de la lumière diffuse. Elle ne rend que très imparfaitement ce que l'œil perçoit. Cependant les quelques épreuves que je me permets de présenter à l'Académie montrent que l'on peut tirer un bon parti de ces reproductions pour enregistrer les formes cristallines des cristaux opaques très petits.

TECHNIQUE MICROSCOPIQUE. — *Principe d'une nouvelle méthode de reconstruction graphique stéréoscopique d'objets microscopiques grossis.* Note de M. G. **Dubreuil**, présentée par M. Henneguy.

Les anatomistes et les embryologistes connaissent tous la méthode de reconstruction plastique de Born ou celle de reconstruction graphique

de Kastschenko, les perfectionnements successifs de Born, de Born et Peter. On peut dire, qu'à l'heure actuelle, la méthode de reconstruction plastique est la plus employée et elle fournit des résultats précieux. Cependant il est des objets auxquels elle est inapplicable, soit qu'ils soient trop ramifiés, soit qu'ils soient réunis par des ponts de substance trop ténus qui obligent à multiplier les supports ou qui rendent le procédé inapplicable. C'est ainsi que, ayant le désir d'étudier les rapports des vaisseaux-portes et sus-hépatiques dans le foie, je me suis heurté à des impossibilités absolues.

Il m'a paru utile de rechercher une méthode qui, d'emploi assez général, de maniement simple et économique, pût cependant donner des images précises et agrandies d'objets microscopiques. La méthode graphique, dans laquelle le dessin intervient seul, peut donner facilement les images d'un objet à contours simples, vu de différents côtés. Et si, pour des objets simples, la vision stéréoscopique donne une perspective avantageuse et même nécessaire, elle est à plus forte raison utile pour des images complexes où la perspective joue un rôle essentiel pour situer les plans.

Je propose donc une double méthode, l'une de reconstruction graphique simple, l'autre de reconstruction graphique stéréoscopique, ayant même principe, la seconde n'étant que la première répétée dans des conditions de vision légèrement différente.

Principe de la méthode. — Supposons un solide arbitraire, parallélépipède rectangle par exemple, nous pouvons en obtenir une représentation perspective, vue d'un point donné de l'espace, soit par une construction de géométrie descriptive, soit plus facilement par une construction perspective moins exacte, mais suffisante. Nous pouvons ainsi reconstruire par le dessin, tranche par tranche, un solide semblable au premier supposé décomposé en tranches d'épaisseur égale superposées. Si nous supposons l'objet inclus dans le premier solide, la situation de chacun de ses points sera déterminée par leur position par rapport à trois plans perpendiculaires du solide. Il sera possible de reporter par le dessin, dans le second cube, la position de chaque point de l'objet et d'en avoir une représentation graphique. Ce procédé employé par les sculpteurs, sous une forme un peu différente, est inutilisable en ce qui nous concerne.

Mais imaginons que l'objet soit coupé par les plans qui ont servi à la reconstruction fragmentaire du cube, comme il a été dit plus haut. La section de l'objet par chacun des plans pourra être reportée par le dessin dans le cube reconstruit et dans des plans correspondants. En multipliant le nombre des plans et par conséquent des sections de l'objet, nous obtiendrons de ce dernier une image très exacte.

Or, le cube est arbitrairement choisi, les plans qui le coupent parallèlement à la base représentent des coupes correspondant aux coupes microscopiques sériées et régulières de l'objet. Les sections du tout ou partie de la coupe peuvent être dessinées et reportées dans les plans perspectifs correspondants du dessin du cube, et l'objet se trouve représenté par des sections superposées.

Le seul point à atteindre maintenant est le report en perspective d'un dessin de coupe vue en plan. Le procédé le plus simple est le quadrillé. Le plan du cube sera un carré quadrillé au centimètre (ou au milimètre si l'on veut). Le plan perspectif représentera le même carré vu d'un point de l'espace identique à celui choisi pour voir le cube. Il sera établi par une construction perspective simple.

Mais alors une difficulté surgit. Autant de vues perspectives des coupes, autant de plans perspectifs de dimensions différentes, car la forme des plans perspectifs varie suivant qu'on les considère situés à différentes hauteurs dans le cube. En particulier, la distance qui sépare le côté antérieur du plan perspectif de base du côté postérieur sera plus grande que la distance homologue du plan perspectif situé tout en haut du cube, lorsque celui-ci est vu d'en haut et d'en avant. Il est impossible de songer à construire un plan par coupe et dans la pratique on verra qu'un petit nombre de plans perspectifs, convenablement choisis et construits, sont suffisants pour faire une reconstruction exacte.

Lorsque les contours de l'objet à reconstruire ont été portés dans le dessin du cube, pour avoir la représentation exacte de l'objet on joint par des lignes les points de chaque courbe où passe le rayon visuel tangent, mené du point où, par construction, l'œil est supposé placé. Dans la plupart des cas les courbes tracées sur des plans perspectifs se rapprochent d'une ellipse, il suffit alors de joindre, dans les dessins successifs, les points extrêmes superposés des grands diamètres. S'il s'agit de lignes brisées, on joint entre eux les sommets correspondants des angles dans les dessins des coupes.

Ce qui est possible dans un cube vu en perspective de l'œil gauche par exemple l'est aussi pour le même cube vu de l'œil droit. On peut donc obtenir une image de l'objet vue de l'œil gauche, une autre vue de l'œil droit. Alors le dessin du cube est différent, les plans perspectifs le sont aussi, l'opération reste la même. Ce n'est plus qu'un jeu de réduire les images convenablement placées pour qu'on puisse les examiner au stéréoscope, ou de les examiner directement ou agrandies pour être vues au

stéréotélescope. La vision binoculaire donne immédiatement une perspective complète qui situe les plans sur la ligne visuelle (¹).

CHIMIE. — *Sur la constitution du smalt.* Note de M. **A. Duboin.**

En 1809, l'impératrice Marie-Louise avait invité Chaptal à étudier la belle matière colorante bleue connue sous le nom de bleu égyptien ou vestorien.

Il en est resulté une suite de nombreux travaux cités dans le beau Mémoire de Fouqué (²) qui a reproduit cette substance à l'état pur et cristallisé, donné sa constitution et décrit ses propriétés.

J'ai pensé qu'une étude analogue du smalt, si employé jusqu'à la fin du XIXᵉ siècle, venant en cette époque du centenaire impérial, présenterait le même intérêt.

En effet, H. Davy (³) nous a appris que, dès l'époque d'Hadrien, le cobalt figure constamment dans la composition des verres bleus de l'époque romaine. Depuis, M. Parodi (⁴), dans un beau travail d'ensemble sur la composition des verres de l'ancienne Égypte, signale le cobalt dans des verres bleus de l'époque de Thoutmosis IV (1300 ans avant J.-C., environ) et de Rhamsès IV.

Le smalt est un silicate double de cobalt et de potasse. Or j'ai trouvé en 1892, une méthode (⁵) générale de synthèse de fluorures et de silicates doubles de potasse et d'autres bases dont j'ai signalé à plusieurs reprises (⁶) de nombreuses applications. C'est cette méthode que j'ai appliquée au cobalt en vue d'établir la nature des constituants du smalt.

On projette, dans du florure de potassium fondu dans un creuset de platine sur un bec Mecker, de la silice, puis de l'oxyde de cobalt qui s'y dissout très rapidement. La masse refroidie très lentement et reprise par l'eau ne donnerait qu'un produit mal cristallisé ; aussi la laisse-t-on refroidir rapidement, et l'on refond le culot avec deux à trois parties de chlorure de potassium pour une de fluorure. On a alors une masse

(¹) Les procédés et la pratique de cette méthode, appliqués à des objets d'histologie et d'embryologie, ont été présentés le mois dernier à la Réunion des anatomistes.

(²) *Comptes rendus*, t. **108**, 1889, p. 325.

(³) *Annales de Chimie*, t. **96**, 1815.

(⁴) *La Verrerie en Égypte* (Thèses de l'Université de Grenoble), 1908.

(⁵) *Comptes rendus*, t. **114**, 1892, p. 1361.

(⁶) *Ibid.*, t. **115**, 1892, p. 56; t. **120**, 1895, p. 678; t. **123**, 1896, p. 698; t. **141**, 1905, p. 254; t. **146**, 1908, p. 489.

liquide au fond de laquelle se rassemble une masse pâteuse. On abandonne le tout à la température du rouge sombre : il se forme alors très lentement un anneau solide à la partie supérieure du creuset en même temps que des cristaux se déposent sur les parois. Au bout de 72 heures on laisse refroidir et l'on reprend par l'eau. On obtient alors des produits dont la nature varie avec la proportion des corps entrant en réaction.

Pour une quantité d'oxyde de cobalt supérieure à une molécule pour trois de silice (par exemple KF = 40^g, KCl = 100^g, SiO^2 = 8^g, CoO = 6^g,6) on retrouve de l'oxyde inattaqué et la majeure partie du produit est constituée par des cristaux bleu foncé, allongés; il y a en outre des cristaux plus gros et plus clairs du produit que nous retrouverons plus loin.

On sépare ces cristaux au moyen de la liqueur dense d'iodomercurate de sodium ([1]) que j'ai découverte et dont la densité peut atteindre 3,47. Mais la séparation est toujours incomplète et a dû être effectuée à de nombreuses reprises pour donner un produit suffisamment pur.

Ce produit s'attaque aisément par les acides, ce qui permet de l'analyser facilement.

Les résultats conduisent à la formule $K^2O, CoO, 3SiO^2$, analogue à celle du sel que j'ai rencontré dans l'application de la méthode à la magnésie :

	Trouvé.	Calculé.
SiO^2	50,61	51,57
CoO	21,78	21,49
K^2O	27,32	26,93

Sa densité à 0 est 2,8.

L'hydrogène au rouge le décompose en réduisant l'oxyde de cobalt.

Il est attaqué à la longue par une solution chaude de chlorure d'ammonium, et la silice incolore qui reste conserve d'une manière remarquable la forme du produit primitif avec tous ses clivages.

Si l'on diminue la proportion d'oxyde de cobalt (par exemple KF, 45^g; KCl, 100^g; CoO, 2^g,900; SiO^2, 8^g,047), on voit apparaître en plus grande quantité un nouveau produit en cristaux bleu plus clair, moins allongés que les précédents, plus volumineux. On le sépare par la liqueur dense d'iodomercurate de sodium.

Ce produit contient du chlore, mais pas de fluor.

J'ai analysé ce produit par plusieurs méthodes. D'abord en partant d'une dissolution par l'acide chlorhydrique.

En second lieu pour doser le chlore, on met en digestion un poids P de produit avec de l'acide azotique étendu de 4^{vol} d'eau à la température ordinaire. Une partie seulement du produit se dissout, bien qu'on ait pris soin de le porphyriser finement.

Dans la dissolution on dose le chlore, le cobalt et la potasse, soient p_1, p_2 et p_3 les

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 385; *Ann. de Chimie et de Physique*, 1909, p. 258.

poids obtenus, et l'on pèse la silice qui, avec le résidu inattaqué, représente un poids p_4. Si l'on désigne par $KCl, xK^2O, yCoO, zSiO^2$ la formule du corps, ces poids permettent bien de déterminer x et y, mais non z et ils doivent satisfaire à une relation qui sert à vérifier l'exactitude de l'analyse.

Les résultats montrent qu'on a affaire à un chlorosilicate

$$KCl, K^2O, CoO, 4SiO^2.$$

	Trouvé.			Calculé.
SiO^2	48,83	50,22	49,49	49,63
K^2O	29,12	29,52	29,44	29,16
CoO	15,96	15,77	–	15,51
Cl	7,03	–	–	7,34

Ce produit s'attaque et se comporte comme le précédent en présence du chlorure d'ammonium.

Sa densité à 0 est 2,57.

J'ai également obtenu ce produit par une variante de la méthode générale, qui consiste à faire réagir la silice non plus sur l'oxyde, mais sur le fluorure double de cobalt et de potassium en présence d'un excès de chlorure de potassium.

Par exemple, à 40g de fluorure de potassium, on ajoute une quantité supérieure à la quantité théorique d'acide fluorhydrique, puis le résultat de la déshydratation à l'étuve de 19g,345 de chlorure de cobalt hydraté, on amène à fusion au rouge vif et l'on projette dans la masse 8g,585 de silice. On laisse refroidir et l'on refond avec 100g de chlorure de potassium. Après 72 heures, on laisse refroidir et l'on reprend le culot par l'eau froide.

Dans ces conditions, le fluorure de cobalt en excès se dissout complètement tandis que l'eau chaude altérerait beaucoup le produit final. Il est intéressant de remarquer que, malgré l'excès de sel de cobalt, c'est le chlorosilicate qui a pris naissance, au lieu du silicate double particulièrement intéressant puisqu'il paraît être le constituant principal du smalt.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Fabrication de l'hydrogène pour la synthèse de l'ammoniaque.* Note [1] de M. G. CLAUDE, présentée par M. d'Arsonval.

Il est évident que l'industrie de la synthèse directe de l'ammoniaque est sous la dépendance étroite du coût de l'hydrogène.

---

(1) Séance du 4 avril 1921.

On sait que les Allemands ont concentré cette industrie en de formidables cités industrielles, entièrement créées pour les besoins de la cause. L'hydrogène y est produit spécialement par des appareils qui représentent une grosse part des frais d'établissement et de main-d'œuvre.

C'est une tout autre voie que j'ai envisagée.

Comme je l'ai dit (1), l'emploi des « hyperpressions » permet de réaliser des unités aussi faibles qu'on veut. On peut, dès lors, placer des usines partout où l'hydrogène existe comme *sous-produit* d'industries existantes.

C'est par exemple le cas des gaz de fours à coke, qui sont à l'heure actuelle fort mal utilisés dans un grand nombre d'établissements.

En s'installant près de ceux-ci avec un procédé capable de retirer l'hydrogène de ces gaz, on supprimera *ipso facto* une partie coûteuse des frais d'installation et de main-d'œuvre.

Le traitement par liquéfaction partielle des gaz en question rentre dans ce cadre, mais quelques inconvénients trouvés dans mes recherches anciennes sur le gaz d'eau m'avaient conduit à un principe très différent :

De tous les gaz usuels, l'hydrogène est de beaucoup le moins soluble dans les liquides. On conçoit que ce fait puisse être mis à profit pour un procédé général et très simple d'extraction de cet hydrogène des divers mélanges qui le renferment, gaz d'eau, de ville, de fours à coke. Il suffira d'envoyer le mélange comprimé dans une colonne de rectification appropriée, en sens inverse du solvant employé, pour recueillir en haut la plus grande partie de l'hydrogène à l'état de pureté et sous la pression initiale. Les divers autres gaz, entraînés par le solvant, s'en dégageront lors du retour de celui-ci à la pression atmosphérique, en sorte qu'aux pertes près, le solvant pourra indéfiniment parcourir le cycle.

La faible solubilité de certains des autres gaz eux-mêmes, surtout celle de CO, oblige à travailler sous d'assez fortes pressions : cette condition est facilitée au point de vue économique parce que l'hydrogène étant recueilli comprimé, c'est autant de gagné pour le porter à l'hyperpression. Le travail d'introduction du dissolvant dans l'enceinte est indépendant de la pression, la quantité de dissolvant étant inversement proportionnelle à celle-ci.

Pour diminuer les pertes de dissolvant par tension de vapeur, on doit opérer à basse température. Or la détente du dissolvant chargé de gaz, détente indispensable d'ailleurs pour éviter la destruction en chaleur du travail d'introduction, fournit une source de froid énergique.

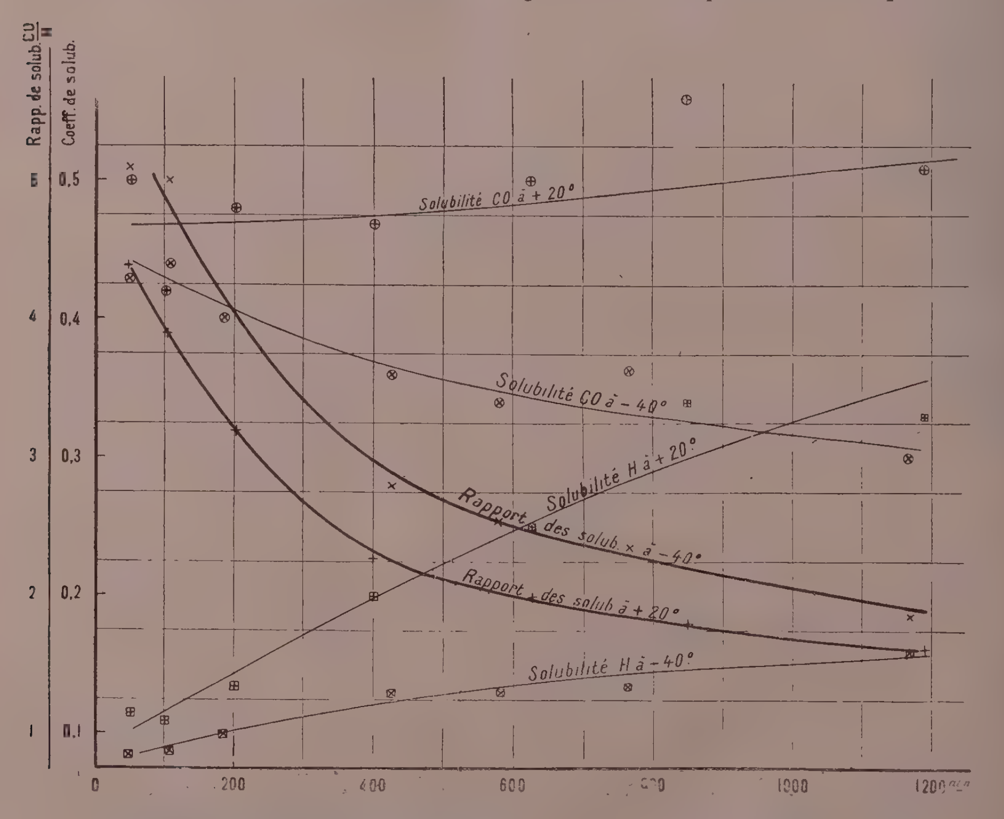
---

(1) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 442.

J'ai donc cherché parmi les liquides organiques ceux caractérisés à la fois par une grande solubilité de CO et par un grand rapport des solubilités $\frac{CO}{H}$, ainsi, pour chaque liquide, que les conditions où ces facteurs sont optima.

J'ai poussé mes essais jusqu'à 1600^{atm}, et cette incursion dans un domaine peu connu m'a permis de faire des constatations assez inattendues.

On refoule, à l'aide d'un petit hypercompresseur, un *mélange* à parties égales CO et H dans un tube d'acier long et épais, de 150^{cm^3} de capacité interne, muni d'un manomètre métallique. On introduit ensuite par une petite pompe 20^{cm^3} du solvant étudié, ce qui amène la pression à la valeur finale désirée. Les deux tiers inférieurs du tube plongent dans un récipient d'alcool maintenu à la température voulue par de l'azote liquide.



On attend l'équilibre en agitant fréquemment le tube. On extrait alors petit à petit le liquide par un robinet muni d'un tube capillaire dans un petit tube gradué, muni d'un tube de dégagement conduisant les gaz dégagés dans une éprouvette graduée. On mesure le liquide; on mesure et on analyse les gaz dégagés et l'on apporte toutes corrections relatives à la modification de l'atmosphère du fait de la dissolution, aux

tensions de vapeur, etc.; d'ailleurs, ces essais ne comportaient pas une très grande précision et donnent seulement l'allure des phénomènes.

Les courbes ci-jointes sont relatives aux solubilités sous leurs pressions partielles respectives, de CO et H dans le dissolvant le meilleur, l'*éther ordinaire*.

On voit que le coefficient de solubilité d'hydrogène *croît beaucoup* avec la pression Au contraire, celui de CO est, soit peu variable avec la pression (température ordinaire), soit décroissant (basses températures). Il en résulte que le rapport des solubilités $\frac{CO}{H}$ *décroît rapidement* quand la pression s'élève. L'emploi des hautes pressions est donc contre-indiqué : il ne faut pas dépasser 100^{atm}.

On voit d'autre part que le rapport des solubilités s'améliore *quand la température s'abaisse*. Les courbes tracées à cet égard ne sont relatives qu'à $+20°$ et $-40°$, mais l'amélioration continue au-dessous de $-40°$. A $-60°$, le rapport des solubilités vers 50^{atm} est voisin de 8. C'est une autre raison de travailler à basse température. Les gaz dissous s'influencent réciproquement : les solubilités de H *seul* et de CO *seul* ont de toutes autres valeurs; c'est évidemment à cette action réciproque qu'est due l'augmentation paradoxale du coefficient de solubilité de H aux pressions très élevées.

Aux très hautes pressions, les phénomènes de solubilité des liquides dans les gaz prennent une très grande intensité. C'est ainsi que, sous la pression de 1500^{atm}, les 20^{cm^3} d'éther *disparaissent entièrement* dans l'atmosphère gazeuse de cette enceinte de 150^{cm^3}. Un examen plus attentif a montré que c'est surtout dans CO et très peu dans H que l'éther est soluble : avec CO seul, il suffit d'une pression de 350^{atm} pour que les 20^{cm^3} disparaissent.

Les courbes relatives aux différents liquides ont des allures très diverses.

L'application de l'éther à la séparation industrielle de H et de CO, sous des pressions voisines de 100^{atm} et des températures de l'ordre de $-50°$, fournit aisément de l'hydrogène tenant moins de $\frac{2}{1000}$ de CO.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la composition de l'essence de térébenthine française.* Note de M. **M. Vèzes**, présentée par M. A. Haller.

Le développement que prend en France, depuis la guerre, l'industrie des dérivés oxygénés de l'essence de térébenthine (terpine, terpinéol, bornéol, camphre, etc.), conduit à faire, entre les deux constituants de cette essence (pinène, nopinène), une distinction que ses autres applications (peintures, vernis, etc.) rendaient moins nécessaire; il devient indispensable, notamment, de déterminer dans quelle proportion ces deux carbures isomères figurent dans les essences qui servent de matière première à cette industrie.

Nous avons employé, pour cette étude, la méthode polarimétrique décrite par M. Darmois (*Thèse*, Paris, 1911, p. 53 et suiv.), sous la forme

modifiée que cet auteur a employée dans un autre cas (*loc. cit.*, p. 112).

L'échantillon étudié est fractionné par distillation : 200^{cm^3} donnent 5 fractions égales de 40^{cm^3}, dont on mesure la densité d à 15° et la rotation α sous une épaisseur de 1^{cm} pour les trois couleurs jaune ($\lambda = 578^{\mu\mu}$), verte ($\lambda = 546^{\mu\mu}$) et indigo ($\lambda = 436^{\mu\mu}$) fournies par une lampe à vapeur de mercure et isolées par filtration à travers des verres colorés de nuance appropriée. On calcule les pouvoirs rotatoires correspondants $[\alpha] = \frac{\alpha}{d}$, et l'on détermine ainsi, dans un graphique où les λ sont comptés en abscisses et les $[\alpha]$ en ordonnées, les points figurant les pouvoirs rotatoires de ces cinq fractions pour les trois couleurs considérées. Au lieu de construire les courbes de dispersion rotatoire de ces fractions, nous nous bornons à en tracer les cordes joignant les points en question : l'homologie de ces courbes, établie par M. Darmois pour les diverses fractions d'une même essence, se traduit dans ce cas par le fait que les cordes relatives aux deux mêmes couleurs et à ces diverses fractions sont concourantes. Leur point de concours C, déterminé soit par construction graphique, soit par le calcul, est joint par deux droites aux points analogues, construits au moyen des données de M. Darmois (*loc. cit.*, p. 57 et 64), qui correspondent, l'un P au mélange des antipodes optiques du pinène, l'autre N au mélange des antipodes optiques du nopinène. La droite CP définit, par les ordonnées de ses points de rencontre avec les verticales relatives aux deux couleurs considérées, les pouvoirs rotatoires, pour ces deux couleurs, du pinène contenu dans l'échantillon étudié; la droite CN définit de même (pour les deux mêmes couleurs) les pouvoirs rotatoires du nopinène que contient cet échantillon. Connaissant ainsi, pour l'une des couleurs considérées, les pouvoirs rotatoires du pinène et du nopinène, dont l'échantillon étudié est le mélange, ainsi que celui de cet échantillon lui-même, il est facile de calculer, par la règle des mélanges, les proportions de ces deux carbures.

L'emploi de cette méthode suppose connues les coordonnées des points P et N : ils sont situés sur l'axe des λ, et leur abscisse se déduit des pouvoirs rotatoires trouvés par M. Darmois (*loc. cit.*) pour le pinène et le nopinène purs. Pour le couple de couleurs jaune-vert, le point P correspond à $\lambda = 818$, le point N à $\lambda = 1042$; pour le couple jaune-indigo, le point P correspond à $\lambda = 730,85$ et le point N à $\lambda = 1480,58$.

Nous citerons comme exemple le cas d'une essence de térébenthine authentique et sélectionnée, distillant sous pression normale de 154° à 162°, et débarrassée par conséquent des carbures moins volatils que contient toujours l'essence, surtout vieillie, et dont la présence troublerait gravement l'application de la méthode ci-dessus.

Les cinq droites relatives à ces cinq fractions et au couple jaune-vert ont pour équations :

1............ $\lambda = 828,92 + 5,7554[\alpha]$
2............ $\lambda = 823,96 + 5,6737[\alpha]$
3............ $\lambda = 828,14 + 5,8183[\alpha]$
4............ $\lambda = 833,00 + 6,0150[\alpha]$
5............ $\lambda = 840,75 + 6,5440[\alpha]$

Ces droites sont, comme on le voit, peu éloignées d'être parallèles. Leur point de concours est, par là même, rendu assez incertain. Graphiquement, leur faisceau présente un minimum de largeur pour $\lambda = 738^{\mu\mu}$ environ; le calcul montre que, parmi les points de rencontre de ces droites deux à deux, celui des droites 1-4 correspond à l'abscisse 738,46 et à l'ordonnée $-15°,72$, et les trois autres droites coupent la même verticale ($\lambda = 738,46$) aux ordonnées $-15°,07$, $-15°,41$ et $-15°,63$, accusant ainsi un écart maximum de 0°,65. On prendra alors, comme point de concours moyen C des cinq droites, le point $\lambda = 738,5$, $[\alpha] = -15°,5$, avec, pour ce dernier nombre, une approximation de $\pm 0°,5$. Cette incertitude ne doit pas surprendre : une variation de $+0°,01$ dans le pouvoir rotatoire de la quatrième fraction en lumière verte suffit en effet pour déplacer le point de concours des droites 1-4 jusqu'à l'abscisse 745,81 et à l'ordonnée $-14°,44$.

Les droites CP, CN, obtenues en joignant le point C ainsi défini aux points d'abscisse 818 et 1042 sur l'axe des λ, rencontrent la verticale $\lambda = 578$ aux points d'ordonnées $-46°,79$ et $-23°,70$, qui définissent les pouvoirs rotatoires, en lumière jaune, du pinène et du nopinène contenus dans l'échantillon étudié. Appliquant enfin à cet échantillon, dont le pouvoir rotatoire en lumière jaune est $-42°,37$, l'équation des mélanges, on en déduit, pour la teneur en pinène de cet échantillon, la valeur

$$x = 80,9 \text{ pour } 100.$$

L'application de cette méthode à un assez grand nombre d'échantillons d'essence de térébenthine provenant de la gemme du pin maritime et d'origine authentique a montré que les points de concours C ainsi déterminés sont peu éloignés les uns des autres. Ils s'écartent peu, en particulier, du point de concours C_1 des deux droites qui, d'après les données de M. Darmois, définissent, pour chaque couple de deux couleurs, la dispersion rotatoire du pinène et du nopinène « contenus dans l'essence française » (*loc. cit.*, p. 64). Les coordonnées des points C_1 sont, pour le couple jaune-vert, $\lambda = 740$ et $[\alpha] = -15°,10$; pour le couple jaune-indigo, $\lambda = 661,66$ et $[\alpha] = -21°,05$.

Les écarts observés entre les points C et C_1 sont-ils uniquement imputables à des erreurs d'expérience, comme le donne à penser l'incertitude qui règne sur la position du point C; ou doit-on, au contraire, y voir la preuve de l'existence, dans l'essence française, de variétés de pinène et de nopinène différant les unes des autres par la valeur de leur pouvoir rota-

toire? Si l'on admettait la première hypothèse, le dosage du pinène se trouverait, par là même, très simplifié : on n'aurait plus affaire, en effet, qu'à des mélanges du pinène et du nopinène décrits par M. Darmois comme étant ceux de l'essence française, et dont les pouvoirs rotatoires pour la raie jaune du mercure sont respectivement — 46°,5 et — 23°,2; de sorte que le pourcentage x en pinène de l'échantillon étudié serait défini par la place qu'occupe, dans l'intervalle de ces deux nombres, son pouvoir rotatoire pour la même couleur :

$$x = \frac{[\alpha] - 23,2}{23,3}.$$

Il paraît prudent de n'envisager le résultat ainsi calculé que comme une première approximation, jusqu'au jour où des essais, actuellement en cours, auront permis d'établir l'influence que le mode de fractionnement ou de mesure peut exercer sur la grandeur de l'écart CC_1.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les cyanocampholates de crésyle et leur produit de réduction.* Note de M. **L. Palfray**, présentée par M. A. Haller.

M. Haller a montré [1] qu'on pouvait combiner directement le cyanocamphre avec certains alcools aliphatiques préalablement sodés, par exemple, les alcools méthylique et éthylique, et obtenir ainsi, par ouverture du noyau, les éthers cyanocampholiques correspondants

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH - CN\\ |\\ CO\end{array}\right. + C^2H^5OH = C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH^2 - CN\\ COOC^2H^5\end{array}\right.$$

M. Minguin [2] a étendu l'application de la même réaction à un alcool aromatique, l'alcool benzylique et à quelques phénols, tels que le phénol ordinaire et le naphtol.

Suivant la même voie, nous nous sommes proposé de faire agir le cyanocamphre sur les trois crésols ortho, méta et para, en vue d'obtenir des corps bien cristallisés se prêtant facilement à la réduction au moyen du sodium et de l'alcool.

Conformément à la méthode décrite par M. Minguin, nous avons traité,

---

(1) *Comptes rendus*, t. 109, 1889, p. 68.
(2) *Comptes rendus*, t. 112, 1891, p. 50 et 101.

en tube scellé ou à l'autoclave, un mélange de crésol sodé en léger excès et de cyanocamphre. Après chauffage à 200°-220° pendant 24 heures, la masse reprise par l'eau, épuisée à l'éther et lavée à la soude, nous a fourni un résidu, qui, par distillation dans le vide, donne, dans chaque cas, le produit de condensation attendu.

Dérivé ortho-crésylé. — Ce corps distille à 242°-245° sous 14^{mm} et se condense sous forme d'une huile incolore, épaisse, qui par le mélange éther-ligroïne cristallise en belles lames transparentes, fondant à 44°-45°, et extrêmement solubles dans la plupart des solvants organiques.

Dérivé méta-crésylé. — Le produit, isolé de la même façon que le précédent, distille à 250° sous 25^{mm}. C'est un liquide huileux, d'où ne se séparent qu'à la longue quelques cristaux de très petites dimensions, fondant à 104°-105°.

Dérivé para-crésylé. — C'est ce dérivé qui s'est montré le plus facile à obtenir et à isoler. Il distille à 248°-250° sous 20^{mm} et se prend en masse immédiatement, au point d'obturer le tube à dégagement. Il est très peu soluble dans l'éther et l'alcool absolu. Au contraire, le benzène le dissout facilement, à chaud surtout, et par refroidissement, la solution abandonne des cristaux blancs et purs, fondant à 119°. Le pouvoir rotatoire de ce corps, pris dans le benzène à une concentration de $\frac{1}{5}$ de molécule-gramme par litre, a été trouvé : $[\alpha]_D^{21^\circ} = +170^\circ 32'$. A partir de 100^g de cyanocamphre, nous avons obtenu 115^g de cyanocampholate de P. crésyle, ce qui correspond à 70 pour 100 de la théorie.

Produit de réduction des cyanocampholates de crésyle. — En vue de réduire à la fois la fonction nitrile et la fonction éther-sel de ces cyanocampholates, nous avons utilisé la méthode de Bouveault et Blanc ([1]), c'est-à-dire la réduction par le sodium et l'alcool absolu.

Le dérivé méta-crésylé étant trop difficile à obtenir cristallisé, nous avons limité nos essais aux dérivés ortho et para, avec lesquels la réduction a été réalisée, quoique assez péniblement. Dans le meilleur essai, en partant de $28^g,5$ ($\frac{1}{10}$ de molécule), nous avons recueilli un peu plus de 8^g d'un corps pur, distillant à 172° sous 15^{mm}, ce qui correspond à 45 pour 100 de la théorie.

L'huile incolore, très visqueuse, ainsi obtenue, finit par se prendre en masse. Par redissolution dans l'éther ou le benzène, on isole des amas brillants, qui ont un aspect nettement cristallin tant qu'ils sont humides, mais qui, séchés dans le vide ou sur porcelaine poreuse, prennent une apparence grumeleuse analogue à celle du camphre.

Le point de fusion, déterminé après plusieurs redissolutions, se fixe à 76°-77°. Le produit étant peu soluble dans le benzène froid, le pouvoir rotatoire a dû être pris dans une solution de faible concentration, soit à $9^g,46$, ou environ $\frac{1}{29}$ de molécule-gramme par litre. Nous avons trouvé dans ces conditions $[\alpha]_D^{21^\circ} = +68^\circ 43'$. L'analyse de ce corps, confirmée par celle de ses combinaisons salines, montre que c'est l'amino-alcool correspondant, l'acide cyanocampholique, ce qui conduit à lui attribuer la

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 136, 1903, p. 1676, et t. 137, 1903, p. 60.

formule

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH^2-CH^2-NH^2\\CH^2OH\end{array}\right.$$

et à le désigner sous le nom d'*alcool α-aminohomocampholique.*

Sels de l'amino-alcool. — Nous avons préparé le chlorhydrate par action directe d'une solution éthérée d'acide chlorhydrique sur la solution éthérée de l'amino-alcool. Le sulfate a été obtenu par neutralisation de l'amino-alcool en solution éthérée par l'acide sulfurique concentré. De même, le chloroplatinate a été obtenu immédiatement par l'action du chlorure de platine en solution aqueuse. Les sels, lavés à l'éther anhydre, se présentent sous la forme d'aiguilles microscopiques.

L'amino-alcool absorbe très facilement l'acide carbonique de l'air et le carbonate formé est précipité par l'éther. C'est une poudre blanche très altérable et ne se conservant bien que dans une atmosphère sèche.

Nous nous proposons d'étendre ces recherches aux dérivés de l'acide cyanocampholique et en particulier aux éthers-sels de l'acide homocamphorique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation permanganique de l'αα-méthylallylcyclohexanone en milieu alcalin.* Note M. R. CORNUBERT, présentée par M. A. Haller.

Nous inspirant de l'étude entreprise par MM. Haller et Meyeringh sur l'oxydation permanganique de l'allyldiméthylacétophénone en milieu alcalin (1) et des recherches de M. Haller et de Mme Ramart sur la synthèse de certains des corps ainsi engendrés (2), nous avons étudié l'oxydation permanganique de l'αα-méthylallylcyclohexanone, cétone que nous avons décrite dans des Notes antérieures (3).

L'oxydation a tout d'abord été effectuée au moyen d'une solution de permanganate à 3 pour 100 en présence de potasse à l'alcool en suivant le mode opératoire indiqué par MM. Haller et Meyeringh; la réaction s'est faite très aisément, une petite quantité de cétone a seulement échappé à l'oxydation. Les produits neutres ont été enlevés par épuisement à l'éther, puis, après acidification, les produits acides ont été extraits par agitation avec le même solvant. Nous avons ainsi obtenu :

---

(1) A. HALLER et J. MEYERINGH, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1957.

(2) A. HALLER et Mme RAMART, *Compes rendus*, t. 158, 1914, p. 1302.

(3) R. CORNUBERT, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1900; t. 170, 1920, p. 1259.

1° Une très petite quantité d'un produit liquide, d'odeur forte, camphrée, rappelant aussi l'odeur de moisi, correspondant à la composition $C^{10}H^{16}O^2$, bouillant à 128°-131° (corr.) sous 30mm et qui semble représenter l'oxyde d'éthylène monomère de formule I. Un essai de synthèse directe par action de l'épibromhydrine sous l'α-méthylcyclohexanone n'a donné aucun résultat.

2° Une quantité importante d'une résine incolore, répondant à la formule $C^{10}H^{16}O^2$, dont le poids moléculaire a été trouvé correspondre sensiblement à celui d'un trimère du premier corps (P. M. 504). Cette substance bout à 170°-175° sous 25mm.

3° Une petite quantité de cristaux fondant à 99°,5-100°, répondant à la formule II, c'est-à-dire représentant le glycol d'oxydation normale.

4° Un produit acide, dont l'analyse a montré qu'il représentait soit l'acide de formule III, soit l'acide de formule IV. L'examen du sel de baryum a corroboré ce résultat.

```
          CH²                                   CH²
    CH²/    \CH²                          CH²/    \CH²
I.                                  II.
    CH²\    /C/CH³                        CH²\    /C/CH³
          CO  \CH²— CH — CH²                    CO  \CH²—CHOH — CH²OH
                      \  /
                       O

          CH²                                   CH²
    CH²/    \CH²                          CH²/    \CH²
III.                                IV.
    CH²\    /C/CH³                        CH²\    /C/CH³
          CO  \CH²—CHOH—COOH                    CO  \CH²— CO — COOH
```

N'ayant pu déterminer exactement la constitution de l'acide, nous avons préparé une nouvelle quantité de matière première. Pour une cause fortuite, nous avons opéré en présence de soude à la chaux au lieu de potasse à l'alcool. Ce changement d'alcali a eu pour résultat de modifier la nature des produits neutres d'oxydation et, en dehors d'une petite quantité de cétone inaltérée, nous avons obtenu :

1° Une grande quantité d'un produit liquide très visqueux accusant très sensiblement la composition centésimale du glycol de formule II. Ce liquide, de point d'ébullition 185°-188° sous 21mm, nous a donné un dérivé monobenzoylé fondant à 141°-142° (corr.);

2° Une petite quantité de cristaux fondant à 98°-99° (corr.), répondant à la formule $C^{10}H^{18}O^3$, qui ont engendré un dérivé monobenzoylé fondant à 140°-141° (corr.). La détermination du point de fusion du mélange de ce glycol et du glycol d'oxydation potassique d'une part, du mélange des deux dérivés benzoylés d'autre part, a montré que ces corps étaient deux à deux identiques. L'amorçage du glycol resté liquide, avec des germes de glycol cristallisé, n'a cependant pas produit de cristallisation;

3° Une petite quantité d'un produit filamenteux passant à 260°-280° sous 21mm,

répondant assez sensiblement à la formule V

$$
\text{V.}\quad
\begin{array}{ccccc}
 & CH^2 & & & \\
CH^2 \diagup & & \diagdown CH^2 & & \\
 & & & CH^3 & \\
CH^2 \diagdown & & \diagup C \diagdown & & \\
 & CO & & CH^2 - CH\,OH - CH^2 - O - CH^2 - CH\,OH - CH^2 &
\end{array}
\qquad
\begin{array}{ccccc}
 & & CH^2 & & \\
 & CH^2 \diagup & & \diagdown CH^2 & \\
CH^3 \diagdown & & & & \\
 & C \diagdown & & \diagup CH^2 & \\
CH^2 \diagup & & CO & &
\end{array}
$$

La mesure du poids moléculaire a donné 362 au lieu de 354;

4° Un produit acide répondant encore soit à la formule III, soit à la formule IV; malgré de nouvelles expériences nous n'avons pas pu déterminer sa constitution exacte.

Pour relier l'une à l'autre ces deux opérations, nous avons déshydraté, par l'isocyanate de phényle, une certaine quantité du glycol resté liquide et nous avons ainsi obtenu une petite quantité du trimère de l'oxyde d'éthylène souillé d'un peu de diphénylurée, mélange passant surtout à 165°-175° sous 22^{mm}, et un produit qui a distillé entre 245° et 260° sous la même pression et qui semble constitué par un mélange de trimère, de diphénylurée et de corps de formule V.

En résumé l'oxydation permanganique de l'$\alpha\alpha$-méthylallylcyclohexanone en présence de soude à la chaux s'est comporté de la même manière que l'oxydation permanganique de l'allyldiméthylacétophénone en présence de potasse. Au contraire, en présence de potasse à l'alcool, la cétone que nous avons étudiée a donné des produits anormaux d'oxydation.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la détermination de l'indice d'acétyle des matières grasses*. Note (1) de M. **Émile André**, présentée par M. Ch. Moureu.

En 1907, le Congrès international de Chimie appliquée de Rome a adopté, pour déterminer l'indice d'acétyle des matières grasses, le procédé de Lewkowitsch (2). Cet auteur donne le nom « d'indice d'acétyle » *au nombre de milligrammes de potasse nécessaire pour saturer l'acide acétique obtenu en saponifiant* 1^g DE CORPS GRAS ACÉTYLÉ Pour doser l'acide acétique, il met à profit la double propriété que possède cet acide d'être soluble dans l'eau et d'être entraînable par la vapeur. On pratique, d'une part, un dosage d'acides

---

(1) Séance du 11 avril 1921.

(2) *Journal of Soc. of chem. Ind.*, 1890, p. 660; 1897, p. 503.

solubles ou d'acides volatils (au choix) sur le corps gras acétylé, d'autre part un dosage identique sur le corps gras lui-même. La différence entre les deux dosages représente l'acide acétique fixé par acétylation.

Nous avons adopté pour déterminer l'indice d'acétyle un procédé plus simple et plus précis. Il est possible, quand on connaît l'indice de saponification S d'une matière grasse et l'indice de saponification S′ de la même substance acétylée, de calculer exactement son indice d'acétyle.

Lorsqu'une huile ou graisse contient des glycérides d'acides gras à fonction alcool, l'acétylation augmente son indice de saponification et l'on a $S' > S$. La quantité $S' - S$, que nous appellerons A_1, ne représente pas l'indice d'acétyle : 1^g d'huile acétylée ne contient pas 1^g d'huile, car l'acétylation a fait subir à la matière grasse une augmentation de poids. Par suite, ce n'est pas la quantité de potasse S qu'il faudrait retrancher de S′ mais une quantité plus petite. Si nous désignons par A la valeur réelle de l'indice d'acétyle, la différence $S' - S$ lui est inférieure d'une quantité qui nous est inconnue.

Il existe, entre A_1, S et A, une relation mathématique simple permettant, lorsque l'on connaît les deux premières de ces valeurs, de calculer la troisième. On peut établir cette relation par le raisonnement suivant :

1° Éthérifier un alcool par l'acide acétique c'est remplacer un groupement oxhydrile $-OH$, dont le poids est de 17^g, par le groupement CH^3-COO dont le poids est de 59^g et augmenter le poids de la molécule de $59^g - 17^g = 42^g$.

2° Pour saponifier, dans une molécule-gramme, une fonction éther acétique, il faut employer 56^g de KOH. Pour une substance acétylée dont 1^g exige, pour être saponifiée, $0^g,056$ de KOH, on est en droit de conclure que cette quantité de 1^g représente $(1 - 0,042)$ gramme de l'alcool primitif; un éther acétique dont 1^g nécessite n grammes de KOH pour être saponifié représente donc $\left(1 - \frac{n}{0,056} \times 0,042\right)$ gramme de l'alcool lui-même. Appelons λ le rapport $\frac{42}{56}$ par lequel il faut multiplier l'indice de saponification d'un éther acétique pour déterminer « la surcharge acétique » de l'alcool dont il dérive.

Connaissant λ, l'indice de saponification S et l'indice de saponification S′, on possède tous les éléments nécessaires pour calculer l'indice d'acétyle A.

La quantité de potasse $S' - S = A_1$ a servi à saponifier des fonctions éther acétique et correspond à une surcharge $A_1\lambda$. En retranchant de S′ une quantité de potasse S, nous avons retranché une quantité trop élevée;

pour saponifier $(1 - A_1\lambda)$ gr. de matière grasse primitive, il faut seulement $(1 - A_1\lambda)$ S de KOH. La quantité $A_1\lambda S$ appartient à l'indice d'acétyle et doit être ajoutée à A_1. En répétant pour elle le même raisonnement que pour A_1, nous trouvons un deuxième terme de correction $A_1\lambda^2S^2$ et, en continuant ainsi de proche en proche, nous obtenons la relation suivante :

$$\text{(I)} \qquad A = A_1(1 + \lambda S + \lambda^2S^2 + \lambda^3S^3 + \lambda^4S^4 \ldots).$$

L'ensemble des termes λS, λ^2S^2, λ^3S^3, λ^4S^4... est une progression géométrique dont le premier terme λS est la raison; il est inférieur à l'unité car $\lambda = 0,75$ et S varie entre 0,150 et 0,270 pour presque toutes les matières grasses connues. La valeur vers laquelle tend la somme de cette progression est $\frac{\lambda S}{1 - \lambda S}$. En substituant cette valeur dans la formule (I), et en remplaçant A_1 par $S' - S$, il vient

$$\text{(II)} \qquad A = S' - S\left(1 + \frac{\lambda S}{1 - \lambda S}\right),$$

où $\lambda = 0,75$ est une constante particulière à tous les éthers acétiques, S l'indice de saponification de la matière grasse et S' l'indice de saponification de la même substance acétylée.

La méthode que nous proposons est plus rapide et plus simple que celle de Lewkowitsch; l'indice de saponification est une constante chimique qu'on peut facilement déterminer avec exactitude tandis que le dosage des acides volatils ou des acides solubles n'offre ni la même facilité ni la même garantie.

Voici, à titre d'exemple, les chiffres comparés que nous ont fourni les deux méthodes pour deux échantillons d'huile de ricin et cinq échantillons d'huile de pépins de raisin; leur concordance est très satisfaisante; les valeurs obtenues par le calcul à partir de S et de S' sont toujours un peu plus faibles, nous estimons que ce sont elles qui offrent les meilleures garanties d'exactitude :

Huiles.	Méthode Lewkowitsch.	Calculé à partir de S et de S'.
Ricin extraite au laboratoire des graines du R. zanzibarensis	146,9	144,7
Ricin commerciale	137,2	136,1
Raisin blanc (Touraine)	21,5	20,8
Raisin rouge (Touraine) n° 1	21,6	20,4
» » » n° 2	30,0	29,6
Raisin rouge (Italie)	30,7	29,2
» » (France méridionale)	52,1	49,4

PALÉONTOLOGIE. — *Existence de nombreux spicules d'Alcyonaires dans les minerais de fer jurassiques de France.* Note de M. L. CAYEUX, présentée par M. H. Douvillé.

Le groupe des Alcyonaires à spicules, qui tient une place notable dans la constitution de la faune marine actuelle, est presque inconnu à l'état fossile. Si l'on consulte les traités de Paléontologie classiques, on apprend que les Alcyonaires à squelette continu sont les seuls qui aient chance d'être conservés dans lés formations anciennes, et que les spicules fossiles, ou n'ont pas été reconnus avec certitude, ou n'existent pas. La haute teneur des spicules d'Alcyonaires en matière organique a même été invoquée par Zittel pour expliquer leur absence, cette matière, au dire de l'auteur, devant en provoquer la décomposition. Mais le fait que les spicules d'Alcyonaires sont essentiellement formés de calcite était de nature à laisser supposer que, tôt ou tard, le hasard en révélerait la présence dans les terrains anciens.

A la vérité, aucun représentant d'Alcyonaire à spicules n'a été signalé en France jusqu'à présent, et les très rares éléments qu'on leur rapporte actuellement, à ma connaissance, ont été découverts dans le Lias moyen de Gotha et dans la craie supérieure de Bohême.

Il est maintenant permis d'affirmer que ces organismes ont été très répandus à certains moments dans le passé, et qu'il suffit d'analyser, au microscope, tel de nos minerais jurassiques pour en observer des restes en abondance. Une fois de plus, l'étude pétrographique des roches sédimentaires entreprise systématiquement, au moyen de coupes minces, élargit par contre-coup le domaine de la Paléontologie.

Au cours de mes recherches sur les minerais de fer oolithique d'âge secondaire, j'ai eu la bonne fortune de découvrir, sans les chercher, des spicules d'Alcyonaires, en nombre vraiment considérable. Les plus anciens datent du Lias supérieur, où ils sont d'ailleurs rares, en moyenne. Dès le Bajocien, ces spicules se multiplient beaucoup, en même temps que leur diffusion augmente. Au Callovien, ils abondent au point qu'on les peut compter par centaines dans certaines préparations d'étendue ordinaire. A cette époque, l'aire de dispersion des spicules d'Alcyonaires est tellement vaste qu'on les rencontre aussi bien dans les minerais du Bassin de Paris et du Jura que dans ceux du Bassin du Rhône. Contre toute attente, ils disparaissent en totalité à l'Oxfordien, si bien que la différenciation des

minerais calloviens et oxfordiens, au moyen des spicules d'Alcyonaires, est on ne peut plus facile.

Quel qu'en soit l'âge, les spicules observés se font remarquer par un air de famille très accentué. D'une manière générale, leur taille est de l'ordre de grandeur de celle des spicules d'Eponges. Si l'on s'en tient aux manières d'être les plus communes, les seules qui nous intéressent ici, les spicules d'Alcyonaires des minerais de fer jurassiques se résolvent en bâtonnets, souvent grêles, cylindriques, fusiformes, ou un peu irréguliers, droits, arqués ou flexueux. Tous sont monoaxes et jamais branchus ou fourchus. La plupart sont lisses et les autres hérissés de petits piquants, ou ornés de courtes épines. De canal, il n'existe aucune trace. Le plus souvent, lesdits spicules sont formés de calcite, optiquement orientée de la même façon, pour un individu donné de forme rectiligne, sans qu'il soit possible d'observer le moindre vestige de la structure première.

Mais il se trouve, principalement dans le Callovien, des centaines de spicules qui ont conservé parfaitement intacte la structure fibreuse caractéristique du groupe. En l'absence de ce critérium, d'importance capitale pour l'identification des bâtonnets, leur attribution aux Alcyonaires s'imposerait quand même, et non sans rigueur, par une élimination raisonnée des spicules d'Éponges.

Il est très remarquable que, subordonnés à des sédiments qui ont été le siège de nombreuses métamorphoses minérales, les spicules d'Alcyonaires se soient montrés absolument rebelles aux phénomènes d'épigénie. Calcaires à l'origine, ils sont restés calcaires dans les différents étages où je les ai rencontrés.

Il ne faudrait pas conclure de la nature spéciale des dépôts auxquels les spicules sont associés, que leur existence est liée à celle d'un milieu de nature très particulière, et que, partant, leur répartition dans le temps et dans l'espace en doive être des plus restreintes. D'ores et déjà, je puis noter que les spicules d'Alcyonaires sont également répandus à profusion dans des calcaires calloviens qui n'ont rien d'aberrant au point de vue minéral. C'est pourquoi j'incline à croire que le rôle paléontologique des Alcyonaires à spicules doit être appréciable, voire même notable, contrairement à l'opinion qui a prévalu jusqu'ici. Pour tout dire, j'ajouterai que la présence de nombreux spicules d'Alcyonaires dans nos minerais de fer, non seulement comble une importante lacune de la paléontologie des Invertébrés, mais pose et résout tout à la fois un problème intéressant et nouveau pour la pétrographie des roches sédimentaires.

GÉOLOGIE. — *La situation géologique des volcans d'Oudjda (Maroc Oriental).* Note de M. P. Russo.

La plaine d'Angad ou d'Oudjda est un long couloir, étroit au centre vers Oudjda (20^{km}), s'élargissant aux deux extrémités : à l'ouest à El Aioun, à l'est à Marnia (80^{km}).

Elle est encadrée par des montagnes jurassiques qui sont les *Beni Snassen* au Nord ; les *Beni Yala* et les *Zekkara*, ainsi qu'une partie des *Beni bou Zeggou* au Sud. Son axe est occupé par des volcans.

La plaine elle-même est formée de dépôts miocènes (Vindobonien et Sahelien) ainsi que de dépôts alluviaux quaternaires.

Les terrains jurassiques qui bordent immédiatement la plaine montrent, à hauteur de la partie la plus étroite du couloir, un double pendage de 10° environ vers l'Est et vers l'Ouest, dessinant ainsi un anticlinal transverse surélevé (*Ras Foughal* au Nord, *monts des Zekkara* au Sud).

Les falaises jurassiques qui dominent la plaine d'Angad au Nord et au Sud sont formées de couches plongeant en sens opposé (22° vers le Nord et 12° vers le Sud). Cette structure donne l'indication d'un large bombement anticlinal dont la voûte s'est effondrée pour donner naissance au couloir d'Oudjda. Les falaises calcaires qui limitent l'effondrement ne tombent pas directement sur la plaine, mais en sont séparées par une série de collines dans lesquelles les couches jurassiques affaissées ont un pendage inverse de celui des falaises et s'enfoncent sous les terrains récents de la plaine. Il y a donc l'indication d'un mouvement synclinal très net, très accusé.

De plus, suivant d'Ouest en Est l'axe de la plaine, se développe un relief montagneux qui naît vers El Aioun, s'élève graduellement avec un pendage d'ensemble vers l'Ouest; il atteint son maximum de relèvement et sa plus grande largeur au niveau où la plaine est la plus étroite, puis les couches prennent un pendage oriental et le relief disparaît bientôt d'une manière brusque. Ce massif jurassique axial présente transversalement une disposition synclinale; c'est un *synclinal en relief* limité au Nord et au Sud par des falaises qui répondent à des fractures ayant accompagné l'effondrement général du bassin d'Angad.

Ces différentes failles (souvent avec des dénivellations de 100^{m} et plus) dessinent un réseau de cassures formant un faisceau assez resserré au

niveau de la portion étroite de la plaine et s'étalant en éventail vers l'Est et vers l'Ouest, puis disparaissant dès que la plaine s'élargit.

C'est par ces fractures, au nombre de quatre principales, que se sont fait jour les roches éruptives et les volcans qui parsèment la plaine d'Oudjda Ces fractures sont jalonnées par les volcans suivants :

1° Fracture entre le massif des Beni Snassen et la falaise nord du synclinal axial ; volcan de *Kerkoum Lakhal*.

2° Fracture dans le synclinal faillé du massif axial : volcans de *Ternamis*, *Shouad-ed Dib*, *Oued Kerma*, *Koudiat Mazouz*.

3° Fracture au pied sud du massif axial : volcans de *Beni Oukil* et *Kef Oghabed*.

4° Fracture au pied de la grande falaise méridionale (Beni Yala) : volcans de *Semmara*.

Je suis ainsi arrivé à considérer le couloir ou bassin d'Angad comme produit par l'effondrement de la clef de voûte d'un large voussoir anticlinal de calcaires jurassiques. La bande effondrée, large de 20^{km} dans sa partie la plus étroite, présente en gros une structure synclinale accidentée par de nombreuses fractures avec dénivellation; l'axe en est occupé par un large synclinal surélevé. C'est par les fractures résultant de l'effondrement, dont la date est antévindobonienne, que se sont produites les éruptions volcaniques disposées en une quadruple série parallèle, resserrée au centre, étalée en éventail aux extrémités.

GÉOGRAPHIE. — *Sur la dépression longitudinale du Chili.*
Note de M. **de Montessus de Ballore.**

Plusieurs géologues, en particulier Suess et de Lapparent, ont tiré d'importantes déductions de ce qui a été appelé la vallée, ou la dépression longitudinale du Chili, colossal accident qui s'étendrait sans interruption depuis le 33e parallèle jusqu'au débouché du détroit de Magellan dans l'Atlantique, soit sur une longueur d'environ 2600^{km}. Ces auteurs ont été trompés par les cartes à petite échelle et par d'imprudentes assertions. Les observations faites au cours de mes voyages, et surtout l'examen minutieux de la carte du Chili au $\frac{1}{500\,000}$ publiée par le Bureau de mesure des terres sous la direction de Risopatrón, me permettent de présenter une conception toute différente de la morphologie générale de la partie centrale de ce pays (1).

(1) Un travail plus étendu paraîtra dans un autre Recueil.

La cordillère côtière ne s'individualise qu'au sud du 33e parallèle, car au nord elle est continue avec celle des Andes et les ensellements considérés comme représentant le prolongement septentrional de la dépression n'existent pas.

La plaine de Santiago est une cuvette se déversant dans le Pacifique, de sorte que la dépression ne commence que plus au Sud avec le défilé d'Angostura par 33°56′ L. S. De là et avec des largeurs variables atteignant jusqu'à 50^{km}, la dépression court Nord-Sud jusqu'à Nacimiento sur le rio Bio-Bio, soit sur une longueur de 484^{km}.

Aucun fleuve n'a son thalweg le long de l'axe de la dépression entre les deux cordillères, ce qui exclut la dénomination de vallée et le régime hydrographique se présente comme il suit. De nombreux fleuves, et parfois d'importants affluents, descendent de points plus ou moins profondément internés dans la cordillère des Andes, traversent la dépression de l'Est à l'Ouest, puis coupent la cordillère côtière pour se déverser dans le Pacifique. Parmi eux, quelques-uns seulement naissent au pied occidental de la cordillère des Andes. Beaucoup de ces cours d'eau ont des segments plus ou moins longs qui suivent le pied oriental de la cordillère côtière, ce qui n'arrive jamais pour le pied occidental de celle des Andes. Tel est le fait capital montrant que partout le fond de la dépression est légèrement incliné dans le sens transversal, c'est-à-dire de l'Ouest à l'Est.

Ce n'est pas tout. Ce régime hydrographique et le profil longitudinal de la voie ferrée qui suit la dépression montrent l'existence de onze ondulations transversales surbaissées qui, courant de l'Est à l'Ouest, réunissent le pied occidental de la cordillère des Andes au pied oriental de la cordillère côtière. Leurs ventres sont les thalwegs des cours d'eau transversaux qui vont au Pacifique après avoir coupé la cordillère côtière, et leurs crêtes, légèrement inclinées vers l'Ouest, forment, entre les deux chaînes, les lignes de séparation des bassins. Les thalwegs des segments longitudinaux de cours d'eau correspondent aux intersections des ondulations avec les pentes orientales de la cordillère côtière, et ces segments, s'affrontant deux à deux à la crête d'une ondulation, coulent en sens inverses du Sud au Nord et du Nord au Sud, respectivement.

Cette inclinaison transversale des crêtes explique comment il ne peut y avoir de cours d'eau longeant le pied occidental de la cordillère des Andes. Aux intersections du flanc oriental de la cordillère côtière avec les ventres des ondulations transversales, c'est-à-dire avec les thalwegs des cours d'eau transversaux, et avec leurs crêtes, les différences d'altitude varient entre 5^{m}

et 90^m et entre 3^m et 228^m respectivement, soit en moyenne de 36^m à 78^m. Le fond de la dépression est donc en somme assez accidenté.

Cette disposition morphologique rythmée est très remarquable par la régularité avec laquelle on l'observe sur près de 500^{km} de longueur méridienne et nous n'en connaissons pas d'exemples pour d'autres entremonts de chaînes parallèles voisines comme celles de l'Équateur et de la Colombie. Cette disposition peut être provisoirement considérée comme le résultat de poussées tangentielles de sens méridien, c'est-à-dire comme un système de plis orthogonalement surimposés à ceux des Andes, plis qui seraient venus accidenter la partie occidentale du fond du bras de mer de l'époque secondaire qui baignait le pied oriental de la cordillère côtière et sur laquelle s'est érigée, plus à l'Est, celle des Andes.

Entre Nacimiento et Temuco (154^{km}) la cordillère côtière prend, sous le nom de *Sierra de Nahuelbuta*, un relief plus accentué, mais, en même temps, elle est réunie à celle des Andes par un seuil transversal élevé que la voie ferrée franchit à l'altitude de 369^m à Pailahueque, barrant ainsi la dépression qui ne reparaît plus que 367^{km} plus loin au golfe de Reloncaví. Dans cet intervalle, il n'y a plus de relief distinct formant une chaîne côtière individualisée, mais un ensemble confus d'environ 100^{km} de largeur qui pourrait bien être une pénéplaine s'étendant du pied des Andes au Pacifique.

C'est par un véritable abus de mots que les canaux du sud du Chili, en particulier le détroit de Magellan, ont été considérés comme partie intégrante, ou prolongement de la dépression longitudinale.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations et fertilité de l'hybride* Primula variabilis *Goupil comparées à celles de ses parents* Pr. vulgaris *Huds. et* Pr. officinalis *Scop.* Note (¹) de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

L'étude des pollens des hybrides fixés, *Geum intermedium* Ehrh. et *Centaurea pratensis* Thuill. (²), m'a permis de montrer qu'à la stabilité des caractères morphologiques des hybrides se superposaient des variations définies dans la fécondité des éléments reproducteurs. La même étude, appliquée au *Primula variabilis* Goupil, hybride spontané de *Pr. vulgaris* Huds. (*grandiflora* Lmk.) et *Pr. officinalis* Scop., donne des résultats

(¹) Séance du 11 avril 1921.

(²) *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 1284, et *Bull. Soc. bot.*, juillet 1920.

concordants et me conduit, de plus, à la découverte de l'instabilité physiologique de l'un des parents, *Pr. vulgaris*, qui se comporte comme l'hybride avec lequel il a de nombreuses affinités morphologiques.

I. G. Rouy (1908) qualifie *Pr. variabilis* d'« *hybride souvent fixé, se reproduisant de graines* ». Lebel (1861), de Roquebrune (1862) en font une espèce légitime. Goupil (1825) la distingue du *vulgaris* par ses fleurs plus petites, par son calice à divisions courtes, droites vers la pointe, écartées (différence avec *Pr. elatior*) du tube de la corolle; il nomme *Pr. lateriflora* une forme secondaire, plus voisine de *Pr. officinalis*. On en trouve des représentants en nombreuses régions de France, en Suisse (Muret), en Allemagne (Kunth), en Danemark (Ljunström), en Angleterre (Miller Christy, d'après G.-A. Boulanger, 1920).

J'ai fait l'épreuve de deux lignées qui se sont montrées stables dans les semis :

a. L'une dérive de deux plantes, à court et long styles, prélevées en 1912 au Plessis-Macé (Maine-et-Loire), cultivées depuis avec leurs descendants à Bellevue (S.-et-O.). Les fécondations croisées artificielles et isolées m'ont donné, en 1913 et 1914, 58 bonnes graines dont j'obtins 7 plantes adultes qui sont des *Pr. variabilis* typiques, avec variations marquées de la pilosité des feuilles et des hampes florales plus ou moins hautes, de la largeur et de la couleur jaune plus ou moins foncée des corolles.

b. L'autre m'a été envoyée en 1912 par M. Souché, des Deux-Sèvres. Elle présente tous les caractères de *variabilis*, avec, en plus, *la particularité très rare dans le genre de ne donner que des fleurs à sépales libres;* mutation qui se conserve par le semis et que je nomme *Pr. variabilis* forme *dialysepala*.

II. *L'origine hybride des divers* Pr. variabilis *est incontestable*. Godron l'affirme dès 1844; Durand-Duquesnay, Gay, Boreau, Grenier, A. Perrier, Föcke, Ljunström et d'autres l'admettent. Les semis de Boreau à Angers, de Naudin au Muséum (1858), de Godron à Nancy (1873) en donnent la preuve après croisement avec les parents présumés; mais les circonstances mêmes des cultures et l'apparition de coloris rouge, ou violacé sur les corolles, indiquent l'intervention de formes horticoles à constitution génétique complexe. Les épreuves doivent être reprises avec des plantes types, spontanées, à corolles jaunes. Les plantes étudiées au Plessis-Macé répondent à ces conditions et j'en ai isolé plusieurs lots.

On les trouve en mélange avec *Pr. vulgaris* abondant, à floraison précoce et *Pr. officinalis* var. *suaveolens* rare et à floraison tardive. Ils se reconnaissent à distance à leurs hampes, d'ordinaire élevées (jusqu'à 22^{cm}), garnies de fleurs abondantes de longue durée, souvent d'un jaune plus vif que celles du *vulgaris*. Ils sont intermédiaires entre les parents, mais parfois il est difficile de les séparer des *vulgaris* forme *caulescens*.

III. *La fécondité du* Pr. variabilis *est toujours limitée, parfois nulle*. La qualité des pollens et des ovules est compensée par la vigueur végétative; les capsules vides sont la majorité, mais j'ai pu récolter quelques bonnes graines sur toutes les plantes suivies dans le jardin d'essai.

L'examen du pollen fournit des renseignements précieux sur les plantes à l'état sauvage. En particulier, j'ai fait l'étude détaillée, plante par plante, de tous les individus croissant sur un talus de 60^{m} de long et 3^{m} de large du Plessis-Macé, com-

prenant 34 *Pr. officinalis*, 184 *Pr. vulgaris*, 20 *Pr. variabilis*. Ces derniers étaient groupés; deux lots couvrant chacun 4^{m^2} donnent : 2 et 5 *officinalis* avec une moyenne de 3 hampes de 3 à 8 fleurs; 15 et 7 *vulgaris* portant de 12 à 42 fleurs; 7 et 5 *variabilis* avec 10 à 25 hampes de 8 à 15 fleurs. J'ai examiné le pollen frais des fleurs, sur le point de s'épanouir, de chacune des 238 plantes du talus :

		Pollen avorté pour 100.						
	Style.	0	5	— 25	— 50	— 75	—	100
Primula officinalis......	court	18	0	0	0	0	0	0
» »	long	14	2	0	0	0	0	0
» *vulgaris*.......	court	8	34	62	9	4	0	0
» »	long	6	29	23	5	2	1	1
» *variabilis*	court	0	0	0	4	2	3	2
» »	long	0	0	0	1	3	2	3

La fécondité du pollen de *Pr. variabilis* est donc réduite, fait déjà connu, mais non précisé par des dénombrements, sauf par Ljunström, qui trouve (1888) au Danemark 63 à 69 grains avortés pour 100.

IV. *Le fait nouveau*, et très important à mon avis, est la stérilité partielle de *Pr. vulgaris* spontanée, regardée par tous les auteurs comme une espèce typique. J'en fus très surpris et j'ai immédiatement vérifié en d'autres stations (Angers, Bellevue) que la règle est valable. Je n'ai pas trouvé, jusqu'à présent, un groupe de plusieurs plantes *Pr. vulgaris* dont le pollen soit parfait.

V. De plus, alors que les pollens de *Pr. officinalis* (110 plantes), de *Pr. elatior* (2 plantes) sont homogènes, à grains réguliers (40^{μ}-25^{μ} brévistyle, 25^{μ}-18^{μ} longistyle), la taille des pollens de *Pr. vulgaris* et *Pr. variabilis* est variable, surtout lorsque les avortements sont prononcés et alors *j'ai toujours trouvé quelques rares grains de pollen de taille double* des grains normaux, ronds ou ovales, au lieu d'être oblongs, qui éclatent immédiatement au contact de l'eau.

En résumé, *Primula variabilis* est un hybride spontané capable de se perpétuer par le semis, à fécondité limitée et compensée par une grande vigueur et une floraison remarquable par son abondance et sa durée. A ce titre, la plante mérite une large propagation dans les jardins. L'un des parents, *Pr. officinalis*, est une espèce parfaitement définie, très stable au point de vue physiologique; l'autre parent, *Pr. vulgaris*, est, au contraire, instable, donnant de nombreux grains de pollen avortés et des grains de taille variable. Cette irrégularité n'est, sans doute, pas complètement indépendante des variations morphologiques qui ont conduit plusieurs botanistes distingués à considérer *Pr. variabilis* comme une sous-espèce du *Pr. vulgaris*.

CYTOLOGIE. — *L'évolution des grains d'aleurone en vacuoles ordinaires et la formation des tannins.* Note de M. **Pierre Dangeard** fils, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La notion de mitochondrie a déjà provoqué beaucoup de confusion en cytologie végétale et elle continue de le faire comme en témoignent les travaux récents sur cette question.

Si nous nous reportons à la distinction faite sur ce sujet par M. P.-A. Dangeard [1], nous sommes en présence de la conception suivante. La cellule végétale en plus de son noyau et de son cytoplasme renferme : 1° des plastes, dont les formes jeunes ont l'aspect « mitochondries »; 2° un appareil vacuolaire, dont les éléments jeunes rappellent également les mitochondries; 3° des microsomes. Tous ces éléments se colorent par une ou plusieurs méthodes mitochondriales.

On doit donc comprendre que le terme de mitochondrie ne s'applique qu'à un aspect morphologique et pas du tout à un ensemble d'éléments ayant une individualité dans la cellule. Comme jusqu'à présent personne n'a vu un passage quelconque se faire entre les aspects mitochondriaux soit de l'appareil vacuolaire, soit des plastes ou des microsomes, nous sommes bien forcés de donner à chacun de ces systèmes dans la cellule l'autonomie que nous refusons aux mitochondries.

Les cytologistes ont donc été trompés par une similitude morphologique entre les points de départ de divers appareils qui ont leur individualité dans la cellule.

Cette similitude d'aspect, il faut le reconnaître, est remarquable, mais elle n'entraîne pas la nécessité d'une origine commune pour des formations qui sont toujours distinctes dans l'espace et qui sont probablement aussi différentes par leur nature chimique.

Cependant il y a encore des auteurs qui font dériver des substances comme les tannins des mitochondries. Or ces corps n'existent jamais que dans l'appareil vacuolaire où ils apparaissent plus ou moins tôt : Il n'est donc pas exact de dire, comme le fait Politis dans une Note récente [2],

---

[1] P.-A. Dangeard, *Sur la distinction du chondriome des auteurs en vacuome, plastidome et sphérome* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1005).

[2] Jean Politis, *Sur les corpuscules bruns de la brunissure de la vigne* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 870).

qu'ils résultent de la transformation de mitochondries granuleuses. L'auteur n'a pas connu les travaux récents sur la question, et il le fait bien voir en continuant à attribuer à Guilliermond le mérite d'avoir reconnu l'origine mitochondriale de l'anthocyane, alors que ce dernier a reconnu son erreur depuis, mais il est vrai d'une façon tellement réservée qu'elle a pu passer inaperçue [1]. Or l'anthocyane et les tannins sont des substances qui ont des rapports étroits.

Je me bornerai à rappeler les résultats que j'ai obtenus sur la formation du tannin dans l'épiderme de la feuille d'If (*Taxus baccata*) [2] et à exposer les faits nouveaux que j'ai observés dans la plantule de Pin (*Pinus maritima*).

Dans la feuille d'If dont l'épiderme devient tannifère au printemps, il n'existe au début dans les cellules qu'un vacuome à aspect mitochondrial filamenteux ou réticulé qui s'imprègne de tannin peu à peu au cours de son évolution, et qui se transforme directement par hydratation en vacuoles dans la cellule adulte. Il n'y a donc pas d'intervention de mitochondries dans ces phénomènes.

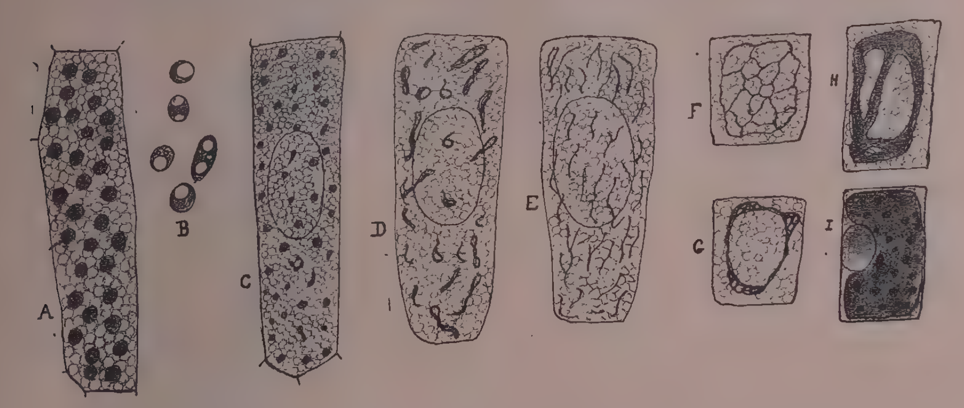
Dans l'embryon et dans la très jeune plantule de Pin, il n'existe pas de tannin dans l'épiderme comme on peut s'en assurer au moyen des réactifs microchimiques. Dans une plantule de $1^{cm},5$ il y en a déjà beaucoup dans l'hypocotyle et la base des cotylédons.

Dans l'épiderme de l'embryon, l'appareil vacuolaire est représenté par de nombreux corpuscules arrondis qui sont des grains d'aleurone sans inclusions (*fig.* A) à l'inverse de ce qui a lieu pour le parenchyme (*fig.* B). Dès que la graine a été mise à germer, après 24 heures, ces grains commencent à changer de forme (*fig.* C). Un peu plus tard ils se sont allongés (*fig.* D) puis soudés ensemble (*fig.* E) et il en résulte un réseau unique et très délié dans la cellule (*fig.* F). Ce réseau se gonfle, s'agglomère, prend de plus en plus d'importance et se transforme finalement en grosses vacuoles (*fig.* I). Tous ces stades se relient et il y a continuité complète; c'est en somme une matière plastique, la métachromatine, qui existait déjà dans les grains d'aleurone de la graine et qui s'est hydratée peu à peu en passant par des formes variées sous l'influence des pressions subies à l'intérieur de la

(1) Guilliermond, *Sur l'origine des vacuoles dans les cellules de quelques racines* (*C. R. Soc. Biol.*, 27 mars 1920).

(2) Pierre Dangeard, *La métachromatine et les composés tanniques des vacuoles* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1016).

cellule. La continuité est d'autant plus certaine que le vacuome, depuis le grain d'aleurone jusqu'à la vacuole tannifère, se colore électivement par les teintures vitales. D'autre part les réactifs microchimiques permettent de constater à partir de quel moment le vacuome renferme du tannin, et ils montrent que cette substance, d'abord peu abondante, apparaît au stade



Explication des figures. — Toutes les cellules représentées sont des cellules épidermiques des cotylédons colorées vitalement au bleu de crésyl. Dans les figures C, D, E, F, le noyau est représenté par son contour; ailleurs il n'est pas visible. Les cellules sont bourrées de globules d'huile juxtaposés au milieu desquels on observe les corpuscules du vacuome.

A, cellule de l'embryon avec grains d'aleurone; B, grains d'aleurone du parenchyme de l'embryon; C, cellule d'une plantule de 24 heures; D, cellule d'une plantule de 48 heures; E, stade plus âgé filamenteux du vacuome; F, G, H, stades réticulés (le vacuome G renferme du tannin); I, stade vacuole adulte avec globules précipités à l'intérieur de la vacuole.

figuré en G et que sa concentration augmente ensuite progressivement. Ainsi des formes en réseau du vacuome renferment déjà un peu de tannin, mais il est bon de remarquer que les réactifs et en particulier le bichromate altèrent ce réseau, le pulvérisent en plusieurs vacuoles séparées dans lesquelles on retrouve un ou plusieurs petits grains de tannin précipités.

Il n'y a donc pas dans les cas que nous avons étudiés de mitochondries élaboratrices de tannin; il existe un appareil vacuolaire qui s'en imprègne plus ou moins tôt.

Les résultats de nos recherches sur la formation du tannin chez les Gymnospermes nous conduisent par conséquent à rejeter l'opinion de Politis, qui voit dans les corps bruns de la maladie de la brunissure chez la vigne des produits de transformation des mitochondries granuleuses, et elles apportent en même temps des faits nouveaux en ce qui concerne les grains d'aleurone qui sont l'origne directe des vacuoles adultes de la plantule après un passage intermédiaire par des formes filamenteuses et réticulées.

PHYSIOLOGIE. — *Prolongation de la vie chez les* Galleria mellonella. Note de M. **Louis Destouches**, présentée par M. Edmond Perrier.

L'évolution totale des chenilles de *Galleria*, depuis l'œuf jusqu'au papillon, dure environ 14 jours à la température optima : 37°C.

Cette évolution est plus lente à 34°C. : 15 jours; à 27°C. : 25 jours. Au-dessous de 17°C., elles ne se transforment que rarement en papillons, mais elles continuent à vivre, sans vigueur, pendant 2 ou 3 mois. Entre 10°C. et 4°C., elles cessent de se mouvoir et de manger et meurent en 30 jours. Mais, de 4°C. à 2°C. leurs combustions sont tellement ralenties, qu'en 6 mois elles ne perdent que quelques milligrammes ($\frac{2}{100}$ environ), mais reprennent le cours de leur évolution si on les reporte à une température suffisante.

Nous avons soumis ces chenilles à l'action de deux températures alternantes 1°C. et 37°C., à raison de 24 heures pour chaque température.

L'évolution de ces chenilles a duré 25 jours c'est-à-dire que les journées passées à 1°C. eurent peu d'action sur leur croissance physiologique.

Les papillons provenant des précédentes expériences, aux différentes températures constantes et alternantes furent mis par couples (mâle et femelle de poids égaux) dans des boîtes en verre identiques, avec une même nourriture et soumis à une température uniforme : 37°C. La durée de vie de tous ces couples fut de 5 à 8 jours et le nombre des œufs pondus, de 9 à 15. L'influence des conditions de croissance de la chenille, pourvu qu'elle s'achève, est donc à peu près nulle sur la durée de vie et l'activité physiologique du Papillon.

Nous avons soumis des couples de papillons de poids égaux à l'expérience des températures alternantes (1° C. et 37° C.) et nous avons constaté que la vie active de ces couples s'en trouvait très prolongée.

Voici les moyennes sur 100 couples (dont chaque sujet pesait de 0g,112 à 0g,130) :

Durée totale de la vie	30 à 35 jours
Ponte par couple	25 à 35 œufs

Les couples soumis à la température *optima* constante (37° C.) ont vécu 7 jours et les couples soumis aux températures alternantes (1° C. et 37° C.) ont eu une longévité de 35 jours. Cette augmentation de la longévité s'est traduite par une ponte supérieure en nombre : 35 œufs au lieu de 15.

D'autres couples, soumis à des températures intermédiaires de 20°C. à 37°C., n'ont pas vécu plus de 10 jours et pondu plus de 12 œufs.

Il nous semble donc démontré que, seul, le système des températures alternantes *optima* et *minima* (37° C. et 1° C.) pendant le *stade papillon* est capable de prolonger la vie des *galleria*. Cette vie supplémentaire semble normale puisque le nombre des œufs pondus s'en trouve très augmenté.

Nous pensons que les chenilles, comme tous les organismes vivants, sont porteurs de défectuosités physiologiques profondes, mais que ces dernières sont bien compensées par la force même de la croissance. Au contraire, parvenus à l'état adulte ou papillons, ces organismes ne compensent plus aussi bien ces défectuosités qui s'exagèrent au contraire à mesure que l'adulte fonctionne. Il s'ensuit une mort assez rapide. Par contre, si l'on procure à ces mêmes organismes adultes des repos vitaux par des passages à une basse température, il s'ensuit un processus de réparations partielles qui leur permettent de vivre plus longtemps.

ANATOMO-PHYSIOLOGIE. — *Étude anatomo-physiologique d'un procédé japonais de massage abdominal.* Note de MM. **Léon Mac-Auliffe** et **A. Marie**, présentée par M. Edmond Perrier.

M. Nakamura, de Tokio, nous a récemment initiés à un procédé savant de massage abdominal, curieux par ses effets thérapeutiques et par la complexité du mécanisme nerveux qu'il met en jeu fort habilement.

Le principe de ce massage est le suivant : le sujet étant couché horizontalement, les genoux pliés, comprimer avec le pouce doucement et le plus profondément possible certains points de l'abdomen ; attendre que la sensation tactile ainsi obtenue (gonflement, dureté, contracture, battements artériels, etc.), se soit modifiée, puis décomprimer avec lenteur. M. Nakamura compte en moyenne 10 secondes de pression croissante, par conséquent un peu brusquée, et 24 secondes de décompression. Le massage doit toujours s'effectuer sans glissement, dans le sens antéro-postérieur.

Les points de pression sont nombreux et variables avec chaque cas, mais on doit toujours appuyer sur les points suivants :

1° Sur un plan horizontal passant par l'ombilic, d'abord à gauche, à 10^{cm} en dehors de ce point de repère, puis à 5^{cm} de celui-ci, puis sur l'ombilic même, puis à 5^{cm} à droite ;

2° A gauche, puis à droite sur un plan passant à deux travers de doigt au-dessous de l'apophyse xyphoïde, à 2^{cm} de la ligne médiane;

3° Sur un plan horizontal intermédiaire aux deux précédents, en partant du bord externe du muscle droit, à gauche, puis pression sur la ligne médiane et à quelques centimètres à droite de celle-ci.

Ce massage a pour premier effet d'exciter les intersections tendineuses (*lignes transverses*) des muscles droits, qui sont en général au nombre de trois et correspondent, avec une rigueur sinon absolue du moins très fréquente, aux points de repère indiqués. Cette contraction provoquée de la moitié supérieure des droits entraîne un vidage de l'estomac, excité lui-même par la pression médiate du pouce sur ses parois. On conçoit l'importance de cette manœuvre dans les cas d'atonie et de météorisme de l'organe, d'autant plus que la deuxième manœuvre indiquée ci-dessus agit plus ou moins directement à droite sur le plexus solaire.

Cette compression, qui ne doit jamais être douloureuse, ayant été effectuée, les pouces sont placés sur les bords externes des droits à gauche, puis à droite, au-dessus puis au-dessous de l'ombilic, et l'on exerce la pression puis la décompression suivant le rythme indiqué. Le massage agit alors (toujours d'une manière médiate) comme excitateur des viscères creux sous-jacents (intestins) dont l'élasticité permet, du reste dans la plupart des cas, un palper profond.

Mais ce palper superficiel des bords externes des muscles droits, au niveau des lignes semi-lunaires, met en présence d'un autre ordre de phénomènes, à savoir une excitation mécanique des branches cutanées des 7e, 8e, 9e, 10e et 11e nerfs dorsaux ou intercostaux et du grand abdomino-génital. Il intéresse aussi d'autres branches cutanées émergeant sur les côtés (nerfs cutanés latéraux des Américains). Or tous ces nerfs se distribuent à la fois aux muscles et aux téguments de la région et ils innervent en outre les muscles intercostaux inférieurs : ils sont par conséquent en relation avec les mouvements respiratoires. Ce procédé se complique donc d'une excitation nerveuse qui agit sur la respiration par les muscles de la paroi thoracique morphologiquement inséparables des muscles de la paroi abdominale.

Mais il y a plus : le mécanisme physiologique ainsi déclenché s'étend par voie nerveuse. En effet, les nerfs sensitifs de la paroi antérieure de l'abdomen ont pour origine des nerfs rachidiens (sept nerfs intercostaux inférieurs) qui envoient des rameaux aux ganglions correspondants du grand sympathique, *ganglions d'où naissent les nerfs grand et petit splanch-*

niques (action sur l'estomac, le pancréas, les voies biliaires, les intestins, la pression aortique, la veine-porte et ses branches intra-hépatiques, les chylifères, la glyco-sécrétion, l'élimination rénale).

Si nous ajoutons que ce système japonais de massage se termine par une série de pressions méthodiques sur toute la longueur du côté gauche de l'aorte abdominale et au-dessous de sa bifurcation (action sur les ganglions lombo-sacrés, sur le plexus aortique, sur le plexus hypogastrique, qui innerve les viscères pelviens), on ne peut qu'admirer l'ingéniosité d'un procédé qui, par la mise en jeu de quelques points nerveux abdominaux, stimule une grande partie de l'économie.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur le mode de développement et les variétés des tumeurs de l'ovotestis.* Note de **M. A. Peyron**, présentée par M. Quénu.

Mes recherches sur la pathologie comparée des tumeurs des glandes génitales, appuyées sur une étude synthétique du développement de ces organes dans la série des mammifères me permettent d'étendre et d'interpréter le groupe des néoplasies ovariennes de type séminifère dont la forme bénigne seule avait été isolée antérieurement par Pick et Schickele (1905-1906) sous le nom d'*adénome testiculaire de l'ovaire*.

Elles présentent chez les divers mammifères étudiés (femme, jument, chienne, vache) un type général d'organisation avec des particularités spéciales à chacun d'eux.

1° Le type étalon de cette morphologie néoplasique est d'évolution plutôt bénigne. On trouve des cordons à contours plus ou moins réguliers, pourvus d'une membrane propre : leurs éléments cellulaires à limites tantôt nettes, tantôt indécises ou même absentes, offrent souvent dans ce dernier cas un cytoplasme d'architecture fibrillaire. Les noyaux, parfois groupés en couronne à la périphérie des cordons, rappellent tantôt ceux des petites cellules épithéliales du tube séminifère, tantôt ceux des éléments prismatiques allongés des cordons médullaires. On peut les trouver parfois refoulés par de gros éléments à cytoplasme clair et à noyau sphérique, paraissant être les homologues des spermatogonies oviformes ou des volumineuses cellules sexuelles des cordons médullaires.

Entre les cordons on rencontre, mais par places, et dans certaines tumeurs seulement, des éléments interstitiels de type assez dissemblable. Dans les cordons eux-mêmes peuvent apparaître des cavités microkystiques bordées par une assise régulière d'éléments épithéliaux cubiques ou cylindriques. Ces divers caractères doivent être rapprochés des dispositions décrites chez l'homme sous le terme d'*adénome testiculaire*, en particulier dans le testicule ectopique.

2° Une variété moins bénigne et qui correspond à une dédifférenciation plus accentuée, offre l'apparence d'un sarcome cloisonné à cellules fusiformes très allongées parfois groupées en collerettes périthéliales; mais l'étude des zones de transition montre que les alvéoles correspondent en réalité à la membrane propre des tubes séminifères et que les éléments d'aspect sarcomateux dérivent eux-mêmes des petites cellules épithéliales.

3° J'ai observé chez la femme des dispositions identiques à celles de certains endothéliomes de l'ovaire décrits par des auteurs allemands, la comparaison de mes préparations avec les figures données par ces derniers ne laisse aucun doute sur leur erreur d'interprétation. J'incline à croire que les formations wolfiennes du réte s'incorporant à la périphérie de la tumeur ont dû, par leur apparence endothéliforme, être une des causes les plus fréquentes de cette méprise.

4° Le dernier type histologique dont la fréquence est également spéciale à l'ovaire de la femme, reproduit presque jusqu'à l'identité les caractères de l'épithélioma séminifère du testicule : nappes homogènes mal cloisonnées par un stroma délicat riche en éléments lymphoïdes; cellules polygonales à membrane très nette, à cytoplasme clair bourré de glycogène et renfermant un diplosome. Sa présence dans l'ovaire a déjà été signalée (Chenot et Masson). Mais sa genèse et son interprétation, pas plus d'ailleurs que dans le testicule, n'avaient été complètement élucidées : mes recherches viennent de mettre en évidence l'existence et la grande importance de cristalloïdes qui n'y avaient pas encore été observés : les uns minces et allongés, les autres courts et trapus, comme ceux des spermatogonies et des cellules de Sertoli récemment découverts chez l'homme par Montgomery et par Winiwarter. Ces cristalloïdes (dont la description détaillée sera faite ailleurs) permettent de rapporter la genèse du séminome, dans le testicule comme dans l'ovaire, à la prolifération de cellules souches de la lignée séminifère dont ils représentent un élément essentiel de différenciation, en cellules sertoliennes d'une part, et spermatogonies d'autre part.

Ainsi se trouve établie une distinction sûre avec les néoformations de la granulosa, des éléments interstitiels ou luteiniques, et surtout avec le choriome pur, dans lequel Pick (trompé par une ressemblance superficielle avec les cellules du type Langhans) a rangé à tort tous les cas identiques au précédent.

Ainsi constituées, les tumeurs de l'ovotestis me paraissent devoir être réunies provisoirement en un seul groupe jusqu'à ce que l'on dispose d'une série de documents nouveaux dans lesquels les cristalloïdes et les éléments interstitiels auront été étudiés avec soin. Sous le bénéfice de ces réserves, je rapporte ces tumeurs à la première série d'ébauches germinatives qui constituent normalement dans l'ovaire les cordons médullaires (de Winiwarter) par opposition à la zone corticale fœtale (seconde poussée) et aux invaginations du *post partum*.

Les cordons médullaires, ordinairement condamnés à l'atrophie mais qui persistent chez certains animaux (taupe), peuvent se différencier en tubes séminifères et constituer alors les ovotestis étudiés par Pick (porc et

homme). La fréquence des tumeurs précédentes, dont les formes malignes avaient été méconnues par Pick lui-même, apporte précisément dans le problème de l'ovotestis, un argument qui me semble favorable à l'hypothèse d'un hermaphrodisme protandrique plutôt que protogynique, suivant la conception récemment reprise par Bujard [1].

BIOLOGIE. — *Biologie de la Perche malgache.*
Note de M. **Jean Legendre**, présentée par M. Edmond Perrier.

Dans deux Notes précédentes sur la perche malgache (*Paratilapia polleni* Eleeker), j'ai indiqué, dans la première [2] les particularités de la ponte : époque, éclosion des œufs, etc., et, dans la seconde [3], le régime alimentaire de la perchette et de l'adulte. Mes recherches au cours de l'année suivante ont accru les notions antérieurement acquises sur la nidification et porté sur l'alimentation de l'alevin du premier âge.

La découverte des nids est malaisée et a dû être faite par moi dans tous les cas, mon préparateur et les ouvriers indigènes de la station d'Aquiculture en étant incapables. Quant aux pêcheurs, ils ignorent tout de la ponte de la perche.

L'un de ces nids, trouvé sur le talus incliné d'un étang de la station, formait une plaque collée aux herbes rases (graminées), plaque large comme la paume d'un enfant de 10 ans et dont le bord supérieur n'était qu'à 2^{cm} de la surface de l'eau. Ces œufs étaient déjà embryonnés et chez quelques-uns l'embryon déjà mobile.

Agglomérés en grappe sur la graminée à l'aide d'un mucus, les œufs de Paratilapie, dont je conserve une grappe, rappellent beaucoup le frai de certaines grenouilles.

Le couple de géniteurs se tient à 15^{cm} ou 20^{cm} du nid avec lequel le plus gros d'entre eux vient fréquemment se mettre en contact.

Deux jours après, tous les œufs sont éclos, on n'en voit plus un seul sur le talus où ils étaient collés. Près de l'emplacement du nid, les jeunes alevins s'agitent, appuyés aux herbes, près du plafond de l'eau ; quelques-uns sont tombés un peu plus bas, mais on n'en voit aucun sur le fond de l'étang.

---

(1) Bujard, *De la genèse des ovotestis chez les Mammifères* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1921, n° 3).

(2) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 617.

(3) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 208.

Les jours suivants, la nichée continue à se tenir cachée dans les herbes, au même endroit, se nourrissant des nombreux cyclopes qui nagent en surface. Un des parents veille sur ses petits, dissimulé dans les herbes du bord et fuit quand on l'approche.

Je n'ai pu obtenir la reproduction en aquarium.

J'ai conservé deux mois, sans en perdre un seul, dans un cristallisoir contenant $1^{l},5$ d'eau, trente alevins de cette nichée, mis en captivité au 4e ou au 9e jour de leur existence. Ils recevaient matin et soir un repas composé de cyclopes et de daphnies. Ils marquaient une préférence très nette pour les cyclopes qu'ils dévoraient les premiers et poursuivaient jusqu'au dernier. Ces entomostracés se tiennent, au moins pendant les heures chaudes du jour, dans les couches supérieures de l'eau où leur présence attire les alevins en quête de nourriture. Les alevins de perche en liberté, pendant leur premier mois, circulent à fleur d'eau sous la surveillance d'un ou des deux géniteurs, de 9^{h} ou 10^{h} à 16^{h} ou 17^{h}, après quoi ils disparaissent dans les couches inférieures. Les jours sans soleil on ne les aperçoit pas. Il est probable que les déplacements des alevins suivent ceux de la faunule dont ils se nourrissent.

Au régime de deux repas quotidiens, les larves de perches du cristallisoir prirent la taille et la livrée des jeunes poissons de même âge vivant en liberté; à 2 mois ils furent lâchés dans un étang.

D'après cette expérience et d'autres observations, je crois qu'il est possible d'élever en captivité les jeunes du Paratilapie de Pollen jusqu'au stade d'alevin de 6 mois ou de perchette. Il y a lieu de poursuivre ces expériences et de déterminer, pour la période de 2 à 6 mois, le meilleur mode d'alimentation, naturelle et artificielle, dans un but d'élevage industriel. L'aquiculteur qui voudra faire cet élevage en bac capturera facilement les alevins dans les étangs et marais, où ils nagent en groupes serrés à la surface pendant le premier mois de leur existence.

M. **A.-L. Herrera** adresse une Note intitulée : *Recherches sur la pseudo-caryocinèse des cellules artificielles fluorosiliciques*.

La séance est levée à 17 heures.

E. P.